MEMORIA

PREMIADA

EN EL CONCURSO PUBLICO ABIERTO POR LA ACADEMIA PARA EL AÑO 1862

SOBRE EL TEMA

«Influencia de los fosfatos térreos en la vegetacion y procedimientos mas económicos para utilizarlos en la produccion de cereales en la Península,»

ESCRITA

POR DON RAMON DE MANJARRES Y BOFARULL,

Catedrático por oposicion de química industrial y análisis química en la escuela industrial superior Sevillana.

INTRODUCCION.

In laboribus comedes ex ea cunctis diebus vitæ tuæ.
(*Genes*. cap. 3, v. 17.)

Antes de entrar en materia debemos hacer una salvedad. Vamos á tratar la cuestion planteada por la Academia de Ciencias naturales bajo su punto de vista más general. Los *fosfatos térreos* á que se refiere el programa, se encuentran en el reino mineral, hallándose tambien en el reino orgánico. Nosotros no nos limitaremos á tratar de los fosfatos térreos que existen en el reino mineral; buscaremos dichos fosfatos donde se encuentren; estudiaremos su *influencia sobre la vegetacion*, y *buscaremos los procedimientos más económicos para utilizarlos en la produccion de cereales*, sea cual fuere su origen.

Principios generales acerca del crecimiento y composicion de las plantas.

Si las plantas tomaran todos los elementos que necesitan de la atmósfera que las rodea, la tierra solo les serviria como de punto de apoyo, y las generaciones de vegetales se sucederian unas á otras, sin que se agotaran nunca los principios á los cuales deberian su nutricion. Esto es precisamente lo que sucede con las plantas submarinas. (*Liebig.*)

Las plantas terrestres, para crecer y adquirir todo su desarrollo, exijen el concurso del suelo y de la atmósfera, tomando de uno y de otra los elementos sólidos, líquidos y gaseosos que necesitan.

Los vegetales absorben por sus partes verdes durante el dia el ácido carbónico de la atmósfera, y asimilándose una parte de carbono, desprenden cierta cantidad de oxígeno. Privados de los rayos solares, por el contrario, absorben oxígeno, y desprenden ácido carbónico. El vegetal se asimila además, segun Ville, cierta cantidad de azoe de la atmósfera.

Las materias nitrogenadas existentes en el terreno proporcionan tambien á las plantas, con su descomposicion, una cantidad de azoe, la cual si no es completamente indispensable para la vegetacion, contribuye por lo ménos al pronto desarrollo de la misma. Las plantas toman, además, del terreno diferentes principios minerales, muchos de ellos indispensables para la formacion de determinados órganos. Todos estos principios fijos los encontramos despues en el resíduo resultante de la incineracion del vegetal.

La potasa, la sosa, la cal, la magnesia, la alúmina, el hierro y tal vez el manganeso y otras bases, forman parte de las cenizas de las plantas. Estas bases se encontraban en el vegetal combinadas con ácidos orgánicos, los cuales, al incinerar aquel, se han descompuesto, quedando las sales respectivas convertidas en carbonatos ó solo en sesquióxidos.

Las cosechas sucesivas consumen cierta porcion de estos principios

que existian en el terreno, pudiéndose dar el caso que alguno de ellos, que tal vez exista en corta cantidad, y que es al mismo tiempo indispensable para la vegetacion, llegue á disminuir considerablemente, y hasta á desaparecer del todo de dicho terreno. Llegado este caso, el suelo ya no puede dar las cosechas que daba primitivamente, á no ser que por medio de *abonos* se restablezca su composicion primitiva.

La experiencia ha demostrado en agricultura que la cantidad de materias vegetales producidas en una superficie dada, aumenta con la adicion de ciertas sustancias que primitivamente formaban parte del mismo suelo, y que despues han sido absorbidas por las mismas plantas. (Liebig.)

Reseña histórica.

La influencia de los abonos es conocida desde muy remota antigüedad, si bien se empleaban empíricamente.

Muchos escritores griegos se ocuparon de esta importante materia; y Teofrasto, en su *Historia de las plantas*, habla *del aprovechamiento de las deyecciones humanas como abonos.*

Entre los escritores latinos vemos que Caton, que escribió sobre la agricultura 150 años antes de Jesucristo, se ocupó tambien de toda clase de abonos animales, especialmente de los estiércoles.

Los romanos siguieron las lecciones de los griegos y cartagineses. Lo mismo que otros pueblos agrícolas de la antigüedad, no perdonaban medio para procurarse estiércoles para sus campos; no conociendo, sin embargo, el abono por medio de agentes minerales. En defecto del estiercol de los ganados y de las aves convertian los vegetales en abonos, sembrando legumbres y enterrándolas con el arado antes de que granasen; quemaban el rastrojo, y acampaban el ganado en medio de las tierras.

Bajo el nombre de *Sterculius* ó *Esterquilinius* veneraron al dios Saturno, padre de la agricultura, porque habia recomendado el empleo del excremento de los animales para fecundizar el suelo.

Columela, célebre agricultor y escritor gaditano, que floreció bajo

el imperio de Augusto Cesar, habla de los abonos animales, dando en general la preferencia al estiercol de las aves; indicando además la manera de formar un estiercol con las *cenizas*, el depósito de las cloacas, el rastrojo y las barreduras, en el caso de no poder disponer de ganado ni de materias excrementicias.

Plinio el Mayor dice haber visto en las Galias y en Inglaterra hacer uso de las margas para abonar las tierras; práctica desconocida por los romanos de su época.

El *guano*, este abono tan rico en materias azoadas y en fosfatos, era empleado en pequeñas dosis en las costas estériles del Perú mucho antes del descubrimiento de las Américas.

El uso de los abonos debió sujetarse á reglas científicas desde que el análisis químico hizo ver la composicion del aire, la de la tierra y la de los vegetales.

Hasta fines del siglo pasado se consideraban como principios indispensables á la vegetacion el carbono, el oxígeno y el hidrógeno; admitíase la existencia de una corta cantidad de azoe en ciertos principios inmediatos vegetales; sabíase tambien que las plantas absorbian de la tierra las sales y sustancias orgánicas suministradas por los abonos que el agua tiene en disolucion; sin embargo, no se determinaba de modo alguno el importante papel que los elementos minerales representan en la vegetacion, ni mucho ménos se creian indispensables para el completo desarrollo del vegetal.

Berthollet, en su *Statique Chimique*, publicada en 1803, da á conocer que las plantas herbáceas contienen mayor cantidad de tierras que las leñosas y estas mayor que los árboles. Cita experimentos de Saussure que tienden á comprobar que la magnesia, la alúmina y la sílice no toman origen en la planta en el acto de la vegetacion, sino que proceden del terreno; y á pesar de que sienta como principio que estas tierras y las sales de ácido mineral que se introducen en las plantas se encuentran *accidentalmente* en la economía vegetal, no deja de conceder cierta importancia á las mismas al decir que *una parte de los materiales en la vegetacion ordinaria debe proceder de la tierra, y entrar en la composicion* de la sávia.

Los autores posteriores á Berthollet admiten con poca diferencia esta misma teoría; y si bien muchos de ellos sientan que los *principios indispensables á la vegetacion son el oxígeno, el hidrógeno y el carbono*, no dejan sin embargo de advertir que algunas de las sustancias minerales contenidas en las plantas, *parecen indispensables á la vida de determinadas especies*, citando como ejemplo las plantas marinas, que contienen constantemente cloruro de sodio, yoduro de potasio y bromuro de magnesio; el trebol y la alfalfa, que solo crecen bien en terrenos selenitosos; la borraja, el girasol y la parietaria, que no vegetan con lozanía sino en terrenos salitrosos, etc. (*Girardin, lecciones de química*, 2.ª edicion, 1839.)

El análisis químico puso de manifiesto en aquella época la verdadera composicion de las cenizas. La potasa, la sosa, la cal, la magnesia y la alúmina fueron reconocidas en las cenizas como procedentes del terreno, y absorbidas por las raices del vegetal, en cuya sávia se encontraron disueltas en combinacion con los ácidos minerales, carbónico, sulfúrico, fosfórico y nítrico; ó con los ácidos orgánicos, como el tartárico, cítrico, oxálico y otros, ó bien formando cloruros y otras combinaciones binarias.

Berzelius, el fundador de la química moderna, avanzó más que los químicos franceses de su época. En la edicion de su *Tratado de química de* 1838, indica ya algunos de los fenómenos cuyo descubrimiento se atribuye á los experimentos de Liebig, Ville y de otros químicos modernos. Berzelius, sin pretensiones de resolver el gran problema de la asimilacion de los fosfatos, reconoció toda la importancia que tienen estas sales para el perfecto desarrollo de las gramíneas; é indicó los diferentes casos en que los fosfatos térreos se disuelven, ya en los ácidos nítrico y clorhídrico diluidos, ya en las aguas cargadas de ácido carbónico, ya en fin *bajo la influencia de ciertas materias orgánicas no ácidas, con las cuales forman combinaciones solubles ó insolubles, y cuyo papel es sumamente importante en las operaciones químicas y orgánicas de los minerales y de los vegetales.*

Liebig, Boussingault, Payen, Gasparin y otros químicos modernos, no tan solo han sentado terminantemente que estas materias minerales

son tan indispensables al vegetal como el mismo ázoe, sino que han hecho ver la necesidad de *devolver al terreno en forma de abonos la cantidad de sustancias minerales que han sido asimiladas por los vegetales producidos por el mismo suelo*. Esta opinion es la que hoy dia prevalece en el mundo científico, y la que está mas conforme con la práctica y la experiencia.

De los abonos en general.

Se da el nombre de abono á toda sustancia mineral, vegetal ó animal, propia para conservar, aumentar ó restablecer la fecundidad de una tierra.

Para un vegetal determinado, el mejor abono es aquel que presenta á la planta el azoe y los principios que entran en la composicion de la misma *bajo una forma asimilable* para él.

Las sustancias que concurren al crecimiento de las plantas podemos dividirlas en dos clases: la 1.ª comprende el oxígeno, el hidrógeno, el ázoe y el carbono, elementos que encuentra en el aire, en el agua y en los cuerpos resultantes de la descomposicion de los abonos orgánicos; la 2.ª clase comprende las sales térreas y alcalinas que constituyen las cenizas de los vegetales, las cuales proceden de los elementos del suelo ó de la parte mineral de los abonos. La materia orgánica de un vegetal, es decir, la parte compuesta de oxígeno, hidrógeno, carbono y azoe está en general en mayor cantidad que la que se ha suministrado á la planta en forma de abonos (*Boussingault*); lo cual, sin negar la eficacia de los abonos, conduce naturalmente á pensar que la atmósfera puede procurar al vegetal todos estos elementos.

Los abonos que se suministran á las plantas con el fin de procurarles estos principios, y en particular el azoe, se llaman *abonos azoados*, y proceden del reino orgánico. La agricultura tiene generalmente medios para procurarse estos abonos á bajo precio y en grandes masas. El objeto de nuestro trabajo exije que prescindamos, á lo ménos por ahora, de dichas materias; las cuales, sin embargo, nunca dejan de suministrar tambien al vegetal ciertos principios de naturaleza mineral.

Las sustancias minerales que contienen las plantas no pueden considerarse como accidentales. Los vegetales regados con agua destilada viven y crecen en un suelo completamente privado de materias salinas, pero no adquieren el vigor que en un suelo rico de aquellos principios.

La parte inorgánica de un vegetal procede del suelo ó de los abonos. Si en uno y en otro falta la cantidad indispensable de sales térreas y alcalinas asimilables para la formacion y completo desarrollo del vegetal, este nace y vive enfermizo, desarrolla únicamente las partes que pueden subsistir á beneficio de los elementos que encuentra en la atmósfera, pero se seca antes que haya pasado por todas las fases de la vegetacion.

Estas materias inorgánicas se proporcionan al vegetal por medio de abonos orgánicos que las contengan, ó por medio de *abonos minerales* propiamente dichos.

Los vegetales hasta cierto punto no admiten indiferentemente los principios minerales que existen en el suelo. Las plantas marinas, cuyas cenizas contienen carbonato de sosa, languidecen en un suelo completamente privado de cloruro de sodio, mientras que otras no toman más que una pequeña cantidad de dicha sal. La parietaria, la ortiga, la borraja y el girasol se asimilan una gran cantidad de nitratos; mientras que otras plantas que viven en el mismo terreno, presentan tan solo indicios de dichas sales en su composicion. El trigo, al lado de las remolachas y de los nabos, toma en un mismo terreno una cantidad de ácido fosfórico ocho veces mayor que la que toman los otros dos vegetales. En un mismo vegetal, los principios minerales se fijan en una parte con preferencia á otra: así la paja seca de trigo contiene una cantidad de sílice 50 ó 60 veces mayor que el resto del vegetal: las cenizas del grano del trigo contienen más de la mitad de su peso de fosfatos, mientras que las cenizas de los tallos herbáceos del mismo contienen escasamente un 12 por 100. (Saussure.)

Algunos de estos principios, por ejemplo los fosfatos, no existen en la tierra en cantidades inagotables. Si en un suelo se suceden unas á otras las cosechas de cereales sin devolver al mismo la cantidad de fosfatos y otras sales que las plantas se asimilaron, podrá dicha tierra,

durante cierto número de años, conservar su fertilidad á beneficio de labores profundas que revuelvan el *subsuelo;* pero tarde ó temprano llegará á un estado de *esquilmo* ó *empobrecimiento*, que no podrá satisfacer las exijencias de un cultivo lucrativo. Liebig cita la Virginia como un ejemplo de esta clase, cuyo pais, en otro tiempo muy fertil, no puede hoy dia alimentar el tabaco y los cereales. Tal vez encontraríamos otro ejemplo en algunas regiones de la costa de Africa, y especialmente en la Argelia.

Las tierras esquilmadas vuelven á fertilizarse añadiéndoles cierta cantidad de los principios minerales de que carecen, y que son indispensables para el vegetal que se trata de producir. Ciertas tierras compuestas casi en su totalidad de arcilla y arena, á pesar de su buena apariencia, no producen trigo ni legumbres hasta que se les echa cal: despues de este abono, las primeras cosechas que producen sobrepujan toda esperanza.

Si por medio del análisis químico llegamos á conocer con exactitud la composicion de un suelo y la de las cenizas del vegetal que ha de producir, bastará añadir á la tierra los principios minerales que le faltan para obtener una cosecha abundante. Por este medio, dice Liebig, *podrá el labrador imitar el proceder de una manufactura bien organizada; llevar un libro para cada uno de sus campos; determinar con anticipacion y exactitud la naturaleza y la cantidad de todas las sustancias que debe añadir despues de tal ó cual cosecha, para mantener su fertilidad primitiva; calcular y espresar de un modo positivo las libras de tal ó cual principio mineral que deberá añadir al suelo para aumentar su fertilidad respecto de cada especie de plantas.*

Haremos observar, sin embargo, que á pesar de la exactitud de las operaciones analíticas, no basta en ciertas circunstancias añadir tal ó cual principio á la tierra; es preciso además que aquel se presente al vegetal bajo una forma asimilable; y si nos concretamos á los fosfatos térreos, que son el principal objeto de este opúsculo, encontraremos ejemplos bien palpables de lo que acabamos de manifestar, y que más adelante espondremos estensamente.

PRIMERA PARTE.

Influencia de los fosfatos térreos en la vegetacion.

Vamos á considerar esta cuestion bajo un punto de vista general, dando á conocer la opinion de los principales químicos acerca del particular.

Las semillas, lo mismo que los huevos de las aves, contienen un punto, en el cual se inician todos los fenómenos de la vida, colocado en el centro de una masa vegetal, que es la que ha de proporcionar el alimento á la planta durante el primer período de su existencia.

Cuando empieza la germinacion, sale de este punto la *radícula*, destinada á formar la raiz, y la *plúmula*, que ha de producir el *tallo* ó eje ascendente del vegetal. Colocada la semilla en circunstancias favorables, se hincha poco á poco; los cotiledones se separan, y la raiz se desarrolla penetrando en la tierra; la plúmula presenta los rudimentos de las primeras hojas, se dirije hácia la luz y conduce consigo los cotiledones hasta la superficie de la tierra.

Formada ya la raiz, recibe de la tierra las materias nutritivas que necesita por medio de las raicillas ó *esponjillas*, mientras que las hojas llenan tambien en contacto del aire sus funciones, asimilándose diferentes principios gaseosos que entran en su constitucion.

Bajo la influencia de la endósmosis, de la capilaridad y de la succion ó fuerza de vegetacion, el agua se introduce en la planta, recorre todos sus tejidos, y contribuye, tanto por las sustancias procedentes del suelo, que lleva en disolucion, como por las que trasporta de un lado á otro de la planta, al entretenimiento de la vegetacion. El movimiento ascensional del líquido ó sávia se efectúa en el sistema leñoso de la planta: la sávia, despues de infiltrarse por las raicillas, se eleva por la raiz principal del tallo, llega á las hojas y á las partes verdes de la corteza, y habiendo adquirido nuevas propiedades en virtud de los cambios que ha experimentado en su composicion, desciende por el sistema cortical hasta la extremidad de las raices en donde empezó la absorcion.

Entre los principios minerales que el vegetal absorbe del suelo, podemos citar los fosfatos térreos de cal y de magnesia.

La presencia de estas y otras materias minerales ya hemos dicho antes que era esencial, puesto que la planta muere ó no llega á su completo desarrollo, cuando no puede asimilarse una cantidad suficiente de las mismas. Es cierto que las sustancias minerales no son tan indispensables para unas plantas como para otras: segun Berzelius, el *lepidium sativum* y otras varias pueden crecer en los fragmentos de hilo de platino y en la flor de azufre lavada. En este caso toman su alimento del aire, y despues de quemadas, se halla que sus cenizas contienen exactamente la misma cantidad de materias minerales que existia en la semilla, y sin las cuales probablemente no se hubiera desarrollado.

Para convencerse de que la presencia de los fosfatos en las plantas *no es accidental*, sino que es efecto de una de las leyes más sábias de la naturaleza, basta reflexionar que los huesos, y todos los jugos y tejidos de los animales, así carnívoros como herbívoros, contienen gran cantidad de fosfatos, especialmente de cal y de magnesia. Durante el crecimiento del animal no es posible que se forme y desarrolle su esqueleto, sino á beneficio de los fosfatos de cal y magnesia, que constituyen más de la mitad del peso de los huesos. Además, debemos admitir la necesidad de su intervencion en la economía, aunque no tengamos otra razon que la constante presencia de los mismos en todos los líquidos y partes organizadas. (*Liebig.*)

En un animal carnívoro desde luego se concibe que los mismos fosfatos que forman parte de la carne con que se alimenta, son los que se encuentran en su economía; pero en cuanto á los herbívoros, ¿sería lógico admitir que el esqueleto del caballo y del buey se forma con sales que accidentalmente se encuentran en los forrajes? Cuando vemos las leyes y el orden que rije en toda la naturaleza, ¿no nos será dable afirmar *à priori*, que para que se forme el esqueleto de los herbívoros, puso aquella en los vegetales que les sirven de alimento, cierta cantidad de fosfatos?

El suponer que el crecimiento del esqueleto de un herbívoro es obra que se hace al acaso á beneficio de algunos fosfatos y sales térreas que accidentalmente encuentra el animal en su alimento, sería una suposicion contraria á la sabiduría, orden y prevision que se observan en todas las reglas de la naturaleza.

Y si la existencia de los fosfatos térreos en los vegetales está sujeta á leyes fijas é invariables, ¿cuál es el origen de estas sales?

Hemos dicho antes, que hoy dia ni aun al más profano en la ciencia se le ocurre el sostener que estas sales toman origen en el vegetal. *Nada se cria de la nada;* y así como los animales se asimilan los fosfatos en las plantas, estas absorben los que contiene la tierra.

Cuando se considera la cantidad de fosfatos contenidos en los huesos de los animales y en las plantas, particularmente en las semillas de los cereales, no puede ménos de admirar que la tierra pueda suministrar anualmente estas sales en tan gran cantidad. Y si bien es cierto que los fosfatos no se fijan en totalidad en los huesos de los animales, siendo el esceso de aquellos devuelto á la tierra en forma de excrementos, tambien es cierto que no todos los labradores abonan sus tierras, y que la mayor parte de ellos, fiados en la feracidad de sus campos, no tratan de restituir al terreno los elementos minerales que ha estraido la vegetacion.

Pueden citarse muchos paises en que las cosechas sucesivas de cereales han agotado de tal manera la cantidad de fosfatos que contenia la tierra, que en el dia no se puede cojer en ellos ni un grano de trigo: así como se ha visto con frecuencia, que tierras de todo punto estériles han producido abundantes cosechas de cereales cuando se han abonado

con materias fosfatadas. A mediados del siglo pasado, unos pobres calvinistas que habian pasado á Cleves (Prusia Rhenana) para embarcarse para América, empezaron á cultivar unos matorrales que se les cedieron. El abono excrementicio que se procuraban á 6 y 8 leguas de distancia, y la actividad de los habitantes produjo tan buenos efectos sobre aquellas tierras, que la pequeña colonia de calvinistas á principios de este siglo constituia ya un pais fertil y floreciente, el Louisendorf. Liebig dice haber visto en Inglaterra que los campos exhaustos de sales fosfatadas duplicaban como por encanto sus cosechas cuando se esparcian sobre ellos los despojos de los huesos importados del continente. Pero esta importacion, si continuara mucho tiempo en las mismas proporciones, deberia agotar poco á poco el pais de donde se esportan. Es preciso no desperdiciar ni desechar ninguna sustancia fosfatada, ningun resíduo de los que se produzcan en un pais, para devolver á la tierra la cantidad de fosfatos térreos que le quitaron los vegetales.

Los fosfatos térreos se encuentran sumamente diseminados en el reino mineral: y no es solo en las tierras movedizas formadas por los detritus de varias rocas donde existen aquellas sales; en el granito, en el gneis y en otras muchas rocas más compactas que estas se encuentran en proporciones no definidas los fosfatos térreos; siendo por consiguiente la cantidad de aquellos en la superficie del globo mucho más abundante de lo que en un principio se creia. (Fownes.) En comprobacion de la existencia de los fosfatos en muchas especies minerales, sin que formen un elemento integrante de las mismas, citaremos los helechos que crecen sobre las rocas, y que las cubren de una ligera capa orgánica; las cenizas de estos vegetales contienen una cantidad bastante notable de fosfatos térreos, los cuales solo pueden provenir de las rocas sobre que crecieron dichos helechos.

Constitucion y naturaleza del suelo.

Lo que vulgarmente se llama *tierra* ó *suelo* es una mezcla de varias rocas reducidas á polvo más ó ménos fino, y de despojos de vegetales y animales. Es evidente que, segun sea la naturaleza de las rocas de que proceden estos *detritus*, variará completamente la calidad de terrenos: así, en los sitios en que dominen las rocas cristalinas, la tierra podrá estar constituida por el detritus del granito y del gneis, conteniendo resíduos de rocas de origen más reciente, si estas existen en el terreno. Las arcillas, ó sean silicatos de alúmina, que comunmente forman parte de las tierras de labor, proceden de la descomposicion de rocas feldespáticas, cuyo álcali ha sido disuelto en gran parte por el agua junto con una porcion de sílice (Berzelius). Cuando se deslie en agua una tierra de esta naturaleza, la arcilla y los resíduos orgánicos se mantienen durante algun tiempo en suspension, pudiéndose separar de las partes más pesadas, las cuales, sometidas á un examen microscópico, dejan ver fragmentos de cuarzo, de feldespato, de esquisto arcilloso, de carbonato de cal, láminas de mica, resíduos de conchas, etc., etc.; variando la cantidad y naturaleza de este resíduo, segun la calidad de la roca que se hallaba mezclada con la arcilla. Raras veces aparece dicho resíduo formado exclusivamente de granos de cuarzo; pero aun suponiendo que fuera así, en la misma arena silícea puede reconocerse la presencia de sales térreas y alcalinas, susceptibles de ser asimiladas por las plantas que vegetan en dicha arena. (Wiegmann y Polstoff.)

Un suelo compuesto esclusivamente de sílice y caliza pura sería de todo punto estéril.

Entre los minerales cuya desagregacion puede dar lugar á la formacion de las arcillas, además de los feldespatos de base de potasa, sosa ó cal (*piedra de labrador*), figuran las micas y las zeolitas, minerales que son partes constituyentes del granito, del gneis, del micasquisto, del

pórfido, del esquisto arcilloso, de la grauwacka, del basalto, del *kling-stein* ó piedra sonora y de la lava.

Las materias térreas ó detritus de las rocas, forman diferentes capas ó clases distintas de terrenos sedimentarios perfectamente caracterizados. Todos ellos, hasta los de formacion más antigua, contienen restos de moluscos y de zoófitos; lo que equivale á decir que en todos ellos encontraremos fosfatos térreos.

Además de estos fosfatos de orígen orgánico, existen en el suelo otros de orígen puramente mineral, procedentes, segun Bischof, de la descomposicion de ciertas rocas primitivas, tales como el granito, el basalto, el micasquisto, el trapp, la fonolita, la piedra pomez, la obsidiana, la hornblenda, la augita y otras, en las cuales existe el apatito ó fosfato de cal; así como tambien puede atribuirse la presencia del fosfato de magnesia al apatito talcoso y á la magnesita, minerales ménos abundantes que el apatito.

Cuando se analizan las tierras con escrupulosidad, aun cuando procedan de llanuras arenosas que parecen completamente estériles, se encuentran en todas ellas cuando ménos vestigios de fosfatos. Tambien se encuentran en todas las aguas minerales cuando se procede á un escrupuloso análisis.

Mas adelante trataremos del modo cómo pueden los fosfatos térreos entrar á constituir parte de las sales contenidas en los jugos vejetales.

De todo lo expuesto hasta aquí, podemos deducir:

1.° *Que los fosfatos térreos están sumamente diseminados en el reino mineral bajo diferentes formas, y que en ciertas circunstancias son asimilados por los vegetales.*

2.° *Que los fosfatos térreos asimilables, si están en pequeña cantidad en un terreno, podrán ser agotados por las cosechas sucesivas de cereales, si no se reponen con abonos que los contengan en cierta cantidad y en determinadas condiciones.*

De qué manera las sales térreas son asimiladas por los vegetales.

Los órganos vegetales por los cuales tiene lugar la absorcion, pueden compararse á unos filtros perfectos que no dejan pasar más que líquidos del todo limpios. Por razon de la delicadeza y exquisita susceptibilidad que poseen dichos órganos, absorben proporciones variables de sales disueltas, segun el grado de viscosidad que presenta la disolucion de cada sal en particular. (Saussure.)

Todos los ensayos practicados con el objeto de hacer absorber por una planta un cuerpo sólido, cualquiera que sea su estado de division, han sido infructuosos; y si en las plantas encontramos ciertas sales insolubles, es porque estas toman orígen en el mismo tegido vegetal, á beneficio de una accion recíproca entre dos sales solubles. (Boussingault.)

Bajo este supuesto, veamos de qué manera se hacen solubles los fosfatos térreos contenidos en el suelo, y qué papel representan en la economía vegetal.

De ninguna manera satisface las exigencias de la ciencia moderna el decir con Payen que los fosfatos de cal y magnesia, que se encuentran muy esparcidos en la naturaleza, pasan por medio de los actos de la nutricion, primero del suelo ó de los abonos á las plantas, y de estas á los herbívoros y luego á los carnívoros. Convenimos en que en la vegetacion hay fenómenos cuya explicacion no podremos dar; pero esto no impide el que tratemos dentro del círculo de la ciencia, y hasta donde esta alcanza, de darnos cuenta y razon de todos los fenómenos; y puesto que, como dice Berzelius, una teoría no debe tomarse como una verdad infalible, y sí como un medio de explicar un fenómeno, y que la teoría que hoy nos parece satisfactoria, podrá ser completamente desechada cuando la ciencia dé un paso más, nada impide el que se formulen diferentes teorías para explicar el paso de los fosfatos térreos del suelo á los órganos vegetales.

Veamos en primer lugar cuáles son en general los disolventes

químicos de los fosfatos, é investiguemos despues si durante la vegetacion se encuentra alguno de estos disolventes en presencia de los fosfatos térreos y alcalinos que contiene el suelo.

Fosfatos alcalinos. Los fosfatos de potasa, sosa y amoniaco son solubles en el agua. Así, pues, existiendo dicho líquido en el terreno, estarán aquellas sales en las condiciones convenientes para ser absorbidas. La cantidad de fosfatos alcalinos que existen en un suelo es muy variable, pues que prescindiendo de los que podrán tener las aguas en disolucion, una gran parte de ellos procede de la descomposicion de los vegetales que han sido enterrados, quemados ó descompuestos en el mismo suelo.

Las cenizas del tallo del trigo (*triticum sativum*) contienen, segun Boussingault, 5 por 100 de fosfato de potasa: así, pues, en las localidades en donde se quema el rastrojo, se produce desde luego una cantidad de fosfatos alcalinos solubles y fácilmente asimilables por los vegetales, obteniéndose un efecto análogo en los sitios en donde se acumulan yerbajos, cañas y otros vegetales para quemarlos en montones sobre las tierras.

Es indudable que la descomposicion pútrida de los vegetales que se entierran con el arado ó que se sacan espontáneamente en el mismo suelo, da tambien por resultado una porcion mayor ó menor de fosfatos alcalinos, especialmente fosfato de potasa; los cuales se encuentran igualmente en los abonos excrementicios líquidos y solidos, en los líquidos que han estado en contacto con el estiercol de cuadra, y en general donde quiera que haya materias orgánicas en descomposicion.

Fosfatos de cal. El fosfato tribásico ó sea fosfato de cal ordinario ($3\ Ca\ O,\ Ph\ O^5$) es insoluble en el agua, pero se disuelve en casi todos los ácidos aunque estén diluidos.

El agua cargada de ácido carbónico disuelve grandes cantidades de este fosfato. Una lámina de marfil puesta en infusion en el agua de Seltz, á las 24 horas se reblandece, lo mismo que si hubiera estado en el ácido clorhídrico diluido: es decir, que el fosfato de cal del marfil se disuelve á beneficio del ácido carbónico del agua de Seltz, dejando úni-

camente la parte orgánica, que con el agua hirviendo se disuelve convirtiéndose en gelatina.

El ácido acético disuelve tambien el fosfato de cal; y segun Deherain, este ácido, junto con el carbónico, disuelve dicha sal con mas facilidad que cada uno de ellos por separado.

Las disoluciones de cloruro de sodio, cloruro amónico, el yoduro y bromuro de potasio, y tal vez otras sales alcalinas, lo disuelven tambien. Segun Lassaigne, 1 litro de agua, conteniendo 83 gramos de cloruro de sodio, disuelve 0 gramos 833 de fosfato de cal.

Ciertos ácidos enérgicos, como el sulfúrico, lo trasforman en fosfato ácido ($CaO, 2HO, PhO^5$), sal que se disuelve fácilmente en el agua: el ácido empleado queda neutralizado por 2 equivalentes de cal de la base del fosfato, siendo estos reemplazados por 2 de agua:

$$3CaO, PhO^5 + 2(SO^3, HO) = (CaO, 2HO) PhO^5 + 2(CaO, SO^3).$$

Finalmente, ya dijimos en la página 9 que los fosfatos de cal insolubles se disuelven en los líquidos que contienen diversos cuerpos orgánicos no ácidos, formando con algunas materias orgánicas combinaciones que representan un papel importante en las operaciones químicas orgánicas de los animales y vegetales.

Los fosfatos de cal que se encuentran en el reino mineral, y cuyos detritus forman parte del suelo, fueron estudiados por G. Rose; de cuyos experimentos, hechos sobre diferentes ejemplares procedentes del Arendal, Cabo de Gata, San Gotardo, Tirol y Sajonia, dedúcese que en todos ellos, además del fosfato de cal tribásico, existe una porcion de fluoruro ó cloruro de calcio: la proporcion constante de los elementos de este mineral conduce á la fórmula $3(3\ CaO, Ph\ O^5)\ Ca\ (Cl, Fl)$ únicamente se encuentra alguna variacion entre las cantidades relativas de cloro y fluor; pero siendo estos dos cuerpos isomorfos, puede admitirse que se sustituya uno á otro en parte ó totalmente. En algunas variedades, aunque raras, la magnesia sustituye á la cal.

Las variedades de cal fosfatada de que hace mencion Duffrenoy, son las siguientes:

Cal fosfatada cristalina. Forma prismas de seis caras de color va-

riable, debido á sustancias que accidentalmente contienen. La variedad á la cual Werner daba el nombre de (*Spargelstein*) esparragolita ó esparraguina, y la que el mismo indicó con el nombre de apatito, existente en Jumilla (reino de Murcia), han sido comprendidas despues por Haüy bajo la denominacion general de *apatito*.

El apatito pertenece á los terrenos más antiguos y á los volcánicos: se encuentra diseminado en las rocas de estos últimos; en pequeños filones en el granito; acompañando tambien á algunos minerales metálicos, al esquisto talcoso, al esquisto cloritoso, á la albita, al anfibol, al granate, á la piroxena, al epidoto y á otras rocas.

Cal fosfatada granuliforme. Variedad que existe en Gelhvara, Suecia y Groenlandia, en masas verdosas y rojizas de fractura granular, y muchas veces de poca cohesion.

Cal fosfatada compacta. El tipo de esta variedad es la *fosforita* de Logrosan en Estremadura. Presenta más dureza que la variedad cristalina, y algunos fragmentos dan chispas con el eslabon, á causa de una cantidad de cuarzo que contienen; motivo por el cual Haüy le dió el nombre de *cal fosfatada cuarcífera*. Tambien se da el nombre de fosforita á algunos ejemplares procedentes de Jumilla, á causa de dar una ligera fosforescencia cuando se proyecta su polvo sobre las ascuas; propiedad que tiene toda la de Logrosan. Más adelante nos ocuparemos de esta última, extendiéndonos acerca de las aplicaciones que puede tener á la agricultura.

Una variedad análoga existe en el Papiol, en Cataluña.

Cal fosfatada concrecionada. En masas arriñonadas y fractura fibrosa y fina, color gris amarillento. Se encuentra en Estremadura, en Bohemia y en Amberg.

A esta misma variedad pertenece la que se conoce en los Estados-Unidos con el nombre de *eüpychroita*, y la *francolita* del Devonshire.

Cal fosfatada térrea. La fosforita de Estremadura se presenta en algunos puntos en masas de facil desagregacion, las cuales pueden considerarse como una variedad térrea. La *piedra* de *Marmarosch*, de Klaproth; la *pseudo-apatita* de Breithaupt, y la *osteolita* de Bromeis, blanca y pulverulenta como la creta, pertenecen á esta variedad.

Tambien deben incluirse en la misma los *coprolitos*. Se da este nombre á unas masas arriñonadas, de un color gris ceniciento, á veces bastante oscuro, poco coherentes, y presentando cierta disposicion en espiral, las cuales en ciertos terrenos acompañan á los restos de algunos animales fósiles. Muchos naturalistas creen que los coprolitos son los excrementos de dichos animales. Se ha encontrado esta materia en varios puntos: en la parte inferior de los terrenos cretáceos, como en el gres verde de la costa del Havre; en las arcillas del lias cerca del Fins, departamento del Allier; en el lias de Lime-Regis, sobre la costa de Dorset en Inglaterra, en donde hay una cantidad inmensa de esta materia; encontrándose tambien en la caliza carbonífera devoniana, en el cragg del Condado de Suffolk, que segun Beudant pertenece á la misma clase que los terrenos sub-apeninos, y en otros terrenos.

Hé aquí la composicion de dos ejemplares distintos de coprolitos analizados por Berthier:

Fosfato de cal tribásico	86,3
Carbonato de cal	11,76
Arcilla	0,6
Hulla, agua y pérdidas	1,4

(*Procedente de Fins, en el Allier.*)

Fosfato de cal tribásico	57,30
Carbonato de cal	7,60
Carbonato de magnesia	2,60
Arcilla con silicato de hierro	25,30
Agua	7,50

(*Procedente del Cabo de la Heve, cerca del Havre.*)

La ausencia del cloro y del fluor en los coprolitos hace que se coloque á esta sustancia en la categoría de las materias fosfáticas orgánicas, teniendo por consiguiente más analogía con el fosfato de los huesos que con los fosfatos minerales. Algunos geólogos atribuyen á los coprolitos un orígen puramente mineral: suponen que el fosfato de cal

de los *nódulos* se ha agrupado en formas arriñonadas, en virtud de fuerzas puramente físicas, y que, arrancado de los filones de apatito, ha tomado la forma sólida cuando han variado las condiciones de solubilidad de las aguas. Sin embargo, tanto si se tiene en cuenta su composicion química, como su estado físico, y los efectos que producen sobre la vegetacion, deben considerarse los coprolitos como de orígen orgánico.

Berthier describe además un fosfato de cal grafitoideo, diseminado en nódulos en las arcillas esquistosas que forman parte de los terrenos inferiores de Normandía, encontrándose una variedad análoga diseminada en las rocas volcánicas en el Cabo de Gata.

Mas adelante citaremos otras materias fosfáticas que pueden ser de utilidad á la agricultura, pero que separándose ya de la clase de los fosfatos puramente minerales, debemos por ahora prescindir de ellas.

Dijimos antes cuáles eran en general los disolventes de los sub-fosfatos de cal. Ahora debemos solamente advertir que no todos se disuelven con la misma facilidad. Las variedades compactas, entre ellas la fosforita de Logrosan, siendo de difícil desagregacion, requieren que antes de ponerlas en contacto con el disolvente estén reducidas á polvo impalpable, á fin de que la disolucion sea sensible. Cuando la division mecánica se lleva hasta cierto punto, todos los fosfatos sin escepcion se disuelven en mayor ó menor cantidad en los ácidos diluidos y en el agua saturada de ácido carbónico. La fosforita de Logrosan, triturada y pasada por un tamiz de tela metálica número 80, si se pone en digestion con agua saturada de ácido carbónico, y despues de remover se deja bien tapado el frasco, á las 48 horas el líquido tiene una cantidad de fosfato en disolucion, suficiente para ser descubierta por los reactivos que sirven para este caso, y susceptible de enturbiarse cuando por medio de la ebullicion del líquido se expele el ácido carbónico, que fué el disolvente.

Otros fosfatos. Existen en el reino mineral otras varias especies de fosfatos, cuyos detritus pueden formar parte del suelo, si bien siempre en pequeñas proporciones.

Citaremos en primer lugar la wagnerita ó pleuroclasa, aunque especie rara, cuya composicion es $3\,MgO, PhO^5, MgFl$; pudiendo en ella

encontrarse el cloro reemplazando en parte ó totalmente al fluor; la wawelita, fosfato bi-aluminico con fluoruro de alumínio; la ambligonita, fosfato lítico-alumínico; la lazulita, fosfato magnésico-alúmina con fosfato ferroso-cálcico (Berzelius); la klaprothina, que es un fosfato de alúmina y magnesia, y otros fosfatos metálicos, que solo pueden considerarse que existen en algunas tierras accidentalmente.

Los disolventes de estos fosfatos son en general los mismos que sirven para disolver los sub-fosfatos de cal.

Veamos ahora si en el terreno se encuentran los disolventes que pueden suministrar á las plantas todas estas materias minerales en disolucion.

En cuanto al agua, que es el disolvente de los fosfatos alcalinos, ya sabemos que donde falta este líquido no hay vida: sin la presencia del agua no se concibe la vegetacion.

Además, si de la descomposicion de una materia orgánica azoada resulta fosfato amónico, es de suponer que esta sal al estado naciente, en contacto con los compuestos magnesianos que se encuentran en las cenizas de la mayor parte de los vegetales, forme un fosfato magnésico-amónico que es bastante soluble en el agua (1). Por este medio podemos explicar la existencia del fosfato de magnesia que se encuentra en la semilla de los cereales, combinado, segun Liebig, con el amoniaco; sal que acompaña á la harina, si bien la mayor parte queda en el salvado, y que se encuentra tambien en el mosto de la cerveza. A la descomposicion de esta sal se debe la presencia del fosfato de magnesia en las cenizas de los cereales; fosfato sin el cual no pueden llegar á su perfecta madurez (Liebig). Podemos tambien formarnos una idea de la gran cantidad de fosfato de magnesia que existe en las gramíneas, con solo considerar que las concreciones que se forman en el *ciego* de los caballos

---

(1) Boussingault observó, que dejando una disolucion de cloruro de magnesio en contacto con la orina, al cabo de algunos dias se obtiene un precipitado de fosfato magnésico-amónico. El mismo químico propuso desinfectar los líquidos excrementicios por este método, aprovechando el ácido fosfórico y el amoniaco de los mismos en forma de sal doble, como abono para la agricultura.

alimentados con heno y cebada, están compuestas casi exclusivamente de fosfatos de magnesia y amoniaco.

Segun Saussurre, la insolubilidad de los fosfatos de cal y de magnesia y de otros compuestos insolubles, puede ser atenuada por su conversion en sales dobles.

Finalmente, las sales que en los laboratorios consideramos como insolubles en el agua, no lo son en el sentido absoluto de la palabra. Desde que una semilla empieza á germinar hasta que concluye la vida del vegetal, constantemente circula por sus vasos una cantidad de agua; y por pequeña que sea la porcion de materias térreas que aquella disuelva, ¿no podrán irse acumulando estas lentamente en los tejidos vegetales, y proporcionarles la cantidad de alimento mineral que necesitan? El carbonato de magnesia, ó magnesia blanca, que en los laboratorios le consideramos como insoluble, porque necesita 2.500 veces su peso de agua para disolverse, sin más disolvente que esta, puede introducirse en cantidad bastante en los vasos de una gramínea, y dar orígen á otros compuestos magnesianos; pues como dice Boussingault, ciertas sales insolubles pueden tomar orígen en el tejido de la misma planta por una accion recíproca ó doble descomposicion entre dos sales disueltas. Si además recordamos que el carbonato de magnesia, lo mismo que el de cal, se disuelve facilmente en el agua que contiene ácido carbónico, veremos que hay en el terreno elementos naturales para disolver los carbonatos de magnesia que se encuentran en las calizas, en las dolomias y en otros minerales.

El piro-fosfato de magnesia $2MgO, PhO^5$, que es el que se encuentra en los huesos calcinados, y que procede tal vez de un fosfato tribásico $(2MgO, HO) PhO^5$, existe en todas las partes sólidas y líquidas de los animales y en los vegetales; este fosfato se disuelve, segun Graham, en 322 partes de agua fria, siendo mucho más soluble cuando el agua contiene algun ácido en libertad.

Cuando mezclamos una disolucion de fosfato de sosa ó de potasa con otra de sulfato de magnesia, pasadas algunas horas se depositan unas agujas muy finas exagonales de fosfato de magnesia $2MgO, PhO^5$ (Berzelius) soluble en 322 veces su peso de agua.

El ácido carbónico, al cual se atribuyen tan preciosos efectos como disolvente, se encuentra en abundancia en el mismo terreno.

Do quiera se observa, dice Berzelius, que el agua asciende de las capas inferiores de la tierra, y este agua contiene pequeñas cantidades de sal comun, de sulfatos y de ácido carbónico, que disuelve la cal y la magnesia.

Si apurando más la materia queremos averiguar el orígen de este ácido carbónico, lo encontraremos en las descomposiciones orgánicas que constantemente tienen lugar en el seno de la tierra; tal vez en reacciones producidas por agentes puramente minerales, como la de algunos sulfatos que se forman espontáneamente por la oxidacion de las piritas, los cuales dotados de una reaccion ácida obran sobre los carbonatos, dejando libre el ácido carbónico. Estas y otras mil causas constantes de produccion de ácido carbónico, hacen que este gas, en virtud de su densidad mayor que la del aire, se acumule en las cavidades del terreno, y entre las capas de arena y tierras movedizas. El agua procedente de las lluvias ó de corrientes subterráneas, lo disuelve, trasportándolo á la superficie de la tierra, en donde *contribuye*, como hemos dicho, á la disolucion de los fosfatos térreos, facilitando su asimilacion por las plantas.

Hemos dicho *contribuye*, porque no queremos atribuir esclusivamente la asimilacion de los fosfatos á la simple disolucion de estos por medio de dicho gas.

Cuando se considera la multitud de líquenes que crecen en las paredes verticales de las rocas, sin hallarse rodeados de ninguna capa de tierra que pueda retener el agua que contiene ácido carbónico, y se observa por otra parte que en las cenizas de estas masas de líquenes hay potasa, cal, sílice, fosfatos, etc., preciso es reconocer que la naturaleza vegetal, al apropiarse estos cuerpos, dispone de recursos que nos son desconocidos, y que probablemente residen en las raices de las plantas. (Berzelius.)

Deber nuestro es decir algunas palabras acerca de los trabajos de P. Thenard acerca de la vegetacion. Este químico, en vista del resultado de varios experimentos, establece que ciertas materias del suelo,

tales como la alúmina, el óxido de hierro y el carbonato de cal, fijan una materia azoada de composicion cuaternaria, que existe en el estiercol fermentado, para formar una especie de sales que él llama *lacas*, las cuales, descomponiéndose lentamente, ceden á la planta una parte importante de los elementos útiles para la vegetacion.

Thenard dice haber aislado dicha materia, de un color negro, á la cual da el nombre de *ácido fúmico*, siendo su composicion $C^{30} H^{15} NO^{14}$. Para esto obtiene primero el *fumato de amoniaco*, legivando con agua el estiercol fermentado. Segun dicho químico, el fosfato de alúmina, insoluble en los álcalis, se disuelve completamente en el fumato de amoníaco, de cuyo hecho saca alguna deduccion para explicar el paso del ácido fosfórico á los vegetales; y pretendiendo formar una teoría general y completamente nueva, atribuye á los sesquióxidos de hierro y de aluminio una gran importancia, tanto en la formacion de las lacas ó *fumatos*, como en el paso de los fosfatos á los vegetales; citando un experimento que es la piedra fundamental de su nueva teoría. «Todos sabemos, dice, que el fosfato de cal es soluble en el agua cargada de ácido carbónico, en la cual son insolubles los fosfatos de hierro y de alúmina. Pues bien, pongamos en un frasco 50 gramos de una de las tierras que yo he examinado, que proceden todas de la descomposicion de rocas jurásicas; llénese esta botella de agua carbónica saturada de fosfato de cal; ciérrese y agítese bien: al cabo de 3 ó 4 dias si se filtra dicha agua, se encuentra en ella carbonato de cal, pero no se encuentra el menor vestigio de fosfato.»

Si en lugar de los 50 gramos de tierra se pone alúmina ó sexquióxido de hierro preparado en el laboratorio, el resultado será idéntico.

Segun Thenard, bastan la accion del agua de lluvia y algunas semanas de contacto, para que el fosfato de cal quede completamente descompuesto en presencia de otras sales, y ceda todo su ácido fosfórico al hierro y á la alúmina. Asi pues, en el terreno todo ó la mayor parte del fosfato de cal, en presencia de un gran exceso de sexquióxido de hierro y de alúmina, y bajo la influencia del agua y de los agentes atmosféricos, es descompuesto, pasando su ácido fosfórico á dichos sexquióxidos. Como la combinacion que forma el ácido fosfórico con dichos

sexquióxidos no es soluble en el agua, y como el mismo autor á que nos referimos, dice que entre los elementos naturales sobre los cuales los químicos agrícolas han fijado la atencion, no hay ni uno siquiera que disuelva los fosfatos de sexquióxidos, preciso era para completar su teoría buscar un disolvente nuevo.

Este fué el fumato amónico.

Por consideraciones que no desarrolla, Thenard supone que los silicatos de cal no son tan insolubles como se cree, y que la accion de los silicatos solubles que existen en el terreno sobre los fosfatos de hierro y de alúmina, da por resultado la descomposicion de estos últimos y la formacion de fosfatos de base de óxido térreo, que son asimilados por la planta antes que el sexquióxido de hierro vuelva á descomponer el fosfato de protóxido. El vegetal parece como que aprovecha este momento para asimilarse los fosfatos que necesita.

Esta teoría ingeniosa no se encuentra corroborada por ningun otro químico; y tal vez la accion del fumato amónico sobre los fosfatos pueda comprenderse en una de las causas de disolucion anunciadas por Berzelius, cual es, la *influencia de ciertas materias orgánicas no ácidas.* (Véase página 7.)

No se puede negar, sin embargo, la afinidad de solucion entre el agua saturada de ácido carbónico y los fosfatos de cal; siendo tambien cierto que así como al precipitar el óxido férrico de una disolucion que contenga ácido fosfórico este es arrastrado por aquel, así tambien el contacto prolongado del sexquióxido de hierro con el líquido que tiene el fosfato de cal en disolucion, puede dar lugar á la formacion de una parte de fosfato férrico, sobre todo en presencia de un exceso de ácido carbónico, pronto á trasformar la cal en carbonato. Resulta, pues, que la teoría de Thenard está basada sobre hechos reales, aun cuando no la tomamos en absoluto para atribuir á una causa única la asimilacion de los fosfatos.

Se atribuye al óxido férrico del suelo una influencia benéfica sobre la vegetacion. Así, Malagutti considera que dicho óxido es de mucha importancia, no solo por la pequeña parte que se asimilan las plantas, sino tambien por la propiedad que tiene de absorber y condensar el

amoniaco en sus poros, favoreciendo la descomposicion de los detritus orgánicos (1), y produciendo amoniaco en el momento en que, puestas en contacto con la atmósfera las capas inferiores del suelo por medio de las labores, experimentan una sobreoxidacion. A todas estas propiedades del óxido férrico puede añadirse la de apoderarse del ácido fosfórico del fosfato de cal para hacerlo despues soluble, segun la teoría de Thenard.

Aquí debemos repetir, respecto de este fosfato, lo que dijimos antes respecto de la insolubilidad absoluta de las sales. (Véase pág. 24). Segun Pierre, el fosfato de hierro (2 Fe O, H O) Ph O^5, se disuelve en poco más de 1.000 veces su peso de agua saturada de ácido carbónico, y en la mitad si dicho líquido contiene 0,002 de ácido acético. El fosfato $Fe^2 O^3$, Ph O^5, 4 H O, se disuelve en 12.500 veces su peso de agua cargada de ácido carbónico. El subfosfato $Fe^2 O^3$, Ph, O^5, se disuelve tambien, segun Berzelius, en amoniaco que contenga fosfato amónico, formando con el ácido fosfórico de este un fosfato neutro soluble en el amoniaco.

Resumiendo, de todo lo que antecede se deduce:

1.° *Que la presencia de los fosfatos en las plantas no debemos considerarla como accidental, sino del todo indispensable para el completo desarrollo de los vegetales.*

2.° *Que los fosfatos térreos existen en abundancia en el suelo, de donde los toman los vegetales.*

3.° *Que las sales térreas se introducen en el vegetal al estado de disolucion, y que sus disolventes existen en el mismo suelo cuando este está en buenas condiciones de cultivo.*

---

(1) El sexquióxido de hierro, en contacto con una materia orgánica y con el aire, cede constantemente oxígeno á la primera, adquiriéndolo inmediatamente de la atmósfera, siendo, por lo tanto, una causa perenne de oxidacion.

Del verdadero papel que representan los fosfatos en la economía vegetal.

La influencia del ácido fosfórico en la vegetacion no puede compararse con la que tiene en la economía animal. Repartido en la sangre y en todas las partes del cuerpo del animal en la primera época de su vida, podria creerse que su principal objeto era formar el esqueleto. Pero, una vez ha llegado este á su completo desarrollo, todos sus líquidos y demás partes del cuerpo contienen grandes cantidades de ácido fosfórico, especialmente al estado de fosfato alcalino, reemplazando y sustituyendo muchas veces á los carbonatos alcalinos; sales que, teniendo una parte de álcali libre, comunican á la sangre un gran número de propiedades notables, manteniéndola en un estado de fluidez conveniente. (Liebig.)

No es posible, en el estado actual de la ciencia, emitir una opinion positiva acerca de la manera cómo el ácido fosfórico interviene en las funciones orgánicas. Unicamente podemos decir que la sangre es en el animal el suelo de donde todos los órganos toman origen de un modo uniforme y con una composicion constante; y que, por lo mismo, la sangre es preciso que, reuniendo todas las condiciones necesarias, contenga partes combustibles, que sean los agentes que trasportan los gérmenes de actividad vital y producen calor, y partes incombustibles que sean los mediadores de estas funciones: entre las últimas se cuenta el ácido fosfórico, al cual debe atribuírsele por lo tanto una gran influencia en las funciones plásticas.

En la vegetacion no pueden atribuirse al ácido fosfórico y á los fosfatos estas funciones plásticas. Un grano de trigo sembrado en un suelo libre de fosfatos, si bien no producirá grano, produce sin embargo un tallo, cuyo esqueleto mineral ó cuyas cenizas contendrán una gran cantidad de sílice.

¿Qué influencia tienen los fosfatos térreos en la vegetacion, y en particular en el desarrollo de los cereales?

Fuerza es confesar que los resultados obtenidos por Liebig acerca de este punto, dejan mucho que desear.

En una memoria que Jorge Ville presentó en 1857 á la Academia de Ciencias de París, trató de precisar la influencia de las sustancias minerales en la economía vegetal. Sus observaciones, hechas ya con el concurso de materias azoadas, ya sin el auxilio de estas, condujeron al químico francés á las dos conclusiones siguientes:

1.° *En ausencia de todo principio azoado en el suelo, los compuestos minerales tienen muy poca influencia sobre las plantas; siendo además aquella casi independiente de la naturaleza de dichos compuestos.*

2.° *En presencia de materias azoadas, las mismas sustancias minerales tienen una influencia muy notable sobre las plantas; siendo además su accion determinada por la naturaleza de dichas sustancias minerales: los fosfatos obran más enérgicamente que los álcalis; los álcalis más que las tierras.*

La poca influencia que tienen los compuestos minerales sobre la vegetacion cuando no van acompañados de algun principio azoado, está demostrada por los resultados siguientes, obtenidos por Ville sembrando trigo con materias minerales, ya solas, ya mezcladas con materia azoada:

	Sin materia azoada.	Con materia azoada.
	Gramos.	Gramos.
Fosfatos térreos, silicatos alcalinos.....	8,13	21,08
Fosfatos térreos ó alcalinos.............	7,25	19,17
Tierras y álcalis..........................	6,51	13,14
Tierras sin álcalis........................	5,71	11,16
Alcalis sin tierras........................	6,60	16,59

La materia azoada empleada como abono contenia 0 gramos 110 de ázoe: en cada experimento se sembraron 20 granos de trigo.

La materia azoada de que se valió, eran granos de altramuz, que

habia tenido durante varios meses en digestion en el agua saturada de ácido carbónico.

Los vasos de que se valió para los experimentos, eran de barro ordinario; pero habiendo reconocido en dicho barro cantidades notables de fosfatos, así como tambien en los granos de altramuz, á pesar de la prolongada digestion en el agua saturada de ácido carbónico, repitió los experimentos de una manera mas precisa.

Para esto se valió de una materia azoada completamente libre de fosfatos, como es el nitro: comparó el desarrollo de los vegetales, ya en vasos de barro comun, ya en vasos de bizcocho de porcelana, y reconoció que en los primeros, cuando la tierra no contiene fosfatos, las cosechas disminuyen por mitad; si bien la vegetacion sigue su curso ordinario, y el trigo llega á producir grano á expensas de los fosfatos que forman parte del barro del vaso. En los de bizcocho, si la tierra contiene una materia azoada (el nitro), la planta perece en el momento en que llegan á faltarle los fosfatos; presentando durante su corta vida un aspecto sumamente triste, que contrasta con el que presentan las plantas cultivadas en un suelo que contiene fosfatos. Cuando la tierra no contiene nitro, las plantas cultivadas en los vasos de porcelana presentan exactamente el mismo fenómeno, es decir, que se ahilan y mueren cuando les faltan los fosfatos.

Hé aquí los resultados obtenidos empleando como materia azoada 0 gramos 792 de nitro.

	Vasos de barro ordinario.	Vasos de bizcocho.
	Gramos.	Gramos.
Fosfatos térreos, silicatos alcalinos.....	24,10	20,86
Fosfatos térreos ó alcalinos.............	20,00	18,80
Tierras y álcalis............	10,06	0,60
Tierras sin álcalis......................	10,48	1,84
Alcalis sin tierras......................	13,61	0,78

Repitiendo los mismos experimentos en vasos de bizcocho, y sin el concurso del nitro ni otra materia azoada, obtuvo los resultados siguientes:

	Gramos.
Fosfatos térreos, silicatos alcalinos....................	6,85
Fosfatos térreos ó alcalinos..........................	5,06
Tierras y álcalis..............	0,77
Tierras sin álcalis................................	1,00
Alcalis sin tierras................................	0,80

En estos experimentos Ville manifiesta hasta la evidencia la importancia de los fosfatos en la agricultura; pero no pudiendo todavía sacar una consecuencia definitiva acerca del modo como obran sobre los vegetales, emprendió todavía otros experimentos.

En un vaso de porcelana lleno de arena pura y constantemente humedecida, sembró trigo, el cual nació y siguió el curso regular y completo de su vegetacion; sin embargo, desde un principio apareció como lánguido, y á duras penas llegó á formar el rudimento de los granos. Ensayó añadir á este suelo artificial una materia azoada, el nitro; obteniendo en este caso un aumento de paja, pero no llegando tampoco el grano á su completo desarrollo. Añadió en las mismas condiciones cierta cantidad de bases térreas (cal y magnesia) y álcalis al estado de bicarbonatos, pero la planta pereció. Finalmente, vió que la planta prosperaba en vasos de barro comun que contiene fosfatos, cuyas sales fueron asimiladas por el vegetal: la adicion de tierras y álcalis carbonatados no ejerció en estos vasos la influencia maléfica que en los de porcelana.

De todos estos experimentos deduce Ville, que los *fosfatos contenidos en el suelo ejercen dos acciones: una de ellas inmediata y directa, y la otra indirecta, que determina la asimilacion de las tierras y de los álcalis.*

En cuanto á la accion inmediata y directa, todos los químicos la reconocen, lo mismo que Ville; pero respecto á la manera como interviene en las funciones orgánicas de los vegetales, debemos decir lo que Liebig,

refiriéndose á la accion que tienen las mismas sales en el organismo animal: *No es posible emitir una opinion positiva, y es preciso limitarnos á poner en evidencia la necesidad de su intervencion en la economía vegetal, si se quiere que ciertos órganos lleguen á su completo desarrollo.*

En cuanto á la otra accion indirecta que determina la asimilacion de las tierras y de los álcalis, creemos que la accion de los fosfatos, en contacto con los álcalis, se explica, á lo ménos en el caso á que se refiere Ville, simplemente por la ley de Dulong, que dice: *los carbonatos dobles descomponen por via húmeda, lo mismo que por via seca, todas las sales insolubles cuyo óxido puede formar una sal insoluble con ácido carbónico*. En efecto, cuando suministra á la planta cal y magnesia con álcalis al estado de bicarbonato, perece la planta por efecto de este alimento impropio seguramente para su subsistencia; pero cuando dichos compuestos están en presencia de los subfosfatos de cal, tiene lugar una doble reaccion, y su accion deletérea es neutralizada por dichos fosfatos, formándose carbonato de cal insoluble y fosfatos solubles asimilables. Esta reaccion se comprueba en la práctica de los laboratorios: en una disolucion saturada de bicarbonato de sosa póngase magnesia ó cal y fosfato tribásico de cal; agítese, y al cabo de pocas horas podrá reconocerse en el líquido filtrado la presencia del ácido fosfórico, de la potasa, de la magnesia, y hasta indicios de cal.

En los experimentos de Ville desde luego echamos de ver la necesidad de que el suelo, al mismo tiempo que contiene sustancias nitrogenadas, tenga tambien fosfatos térreos; y tanto es así, que á una tierra pobre en restos de materias orgánicas ó azoadas es poco ménos que inútil echarle fosfatos térreos, pues no son asimilados en cantidad notable; así como á una tierra exhausta de fosfatos sería inútil ponerle materias nitrogenadas, pues no podria producir con estas solas una cosecha de cereales.

Boussingault, en 1857, presentó tambien á la Academia de Ciencias de París una Memoria, en la cual resumia el resultado de sus observaciones sobre la vegetacion del *helianthus* y del cáñamo en suelos artificiales formados de cuarzo y arena pura, ya en presencia del nitro solo, ya asociando á esta materia el nitrato amónico y el ácido carbónico, y

añadiendo á estas materias el fosfato de cal. El resultado de estos experimentos fué análogo al que obtuvo Ville. Con los abonos nitrogenados solos, el desarrollo de la planta era incompleto: la cantidad de nitrógeno de la planta formada no era mucho mayor que la que contenia la semilla: las nuevas hojas no se presentaban sino despues de la desaparicion de las primeras. Cuando además de los abonos nitrogenados las plantas recibian fosfatos, la vegetacion era vigorosa.

Estos mismos resultados los consignó Boussingault en su obra titulada *Agronomie, Chimie agricole et Physiologie.*

Hé aquí un resúmen de sus experimentos sobre el *helianthus argophyllus.*

	Peso de la cosecha desecada siendo 1 el del grano.	Materia vegetal elaborada.	Acido carbónico descompuesto por la planta en 24 horas.	Adquirido por la planta en 84 dias de vegetacion.	
				Carbono.	*Azoe.*
	Gramos.	Gramos.	CC.	Gramos.	Gramos.
Sin añadir sustancia alguna al suelo....	3,6	0,285	2,45	0,114	0,0023
Añadiendo al suelo fosfatos, ceniza y nitro...............	198,3	21,111	182,00	8,444	0,1666
Añadiendo fosfato, ceniza y bicarbonato de potasa......	4,6	0,391	3,42	0,156	0,0027

Los girasoles, cuyo suelo contenia nitro, fosfato y cenizas, se desarrollaron en la arena como lo hubieran podido hacer en una tierra de buena calidad, asimilándose 8 gramos 44 de carbono. Los granos que contenian 0 gramos 019 de alúmina, produjeron plantas que contenian más de 1 gramo de dicha sustancia.

En un suelo desprovisto de toda materia azoada asimilable, tanto con el concurso del fosfato de cal y de las sales alcalinas, como sin el

auxilio de estas materias, los girasoles no pasaron de la altura de 14 centímetros. El ácido carbónico de la atmósfera, ó el que se encuentra disuelto en el agua, no les suministró más que 0 gramos 2 de carbono, y los principios azoados de la misma atmósfera no les cedieron más que 0 gramos 003 de ázoe.

Estos últimos resultados prueban que *para concurrir activamente á la produccion vegetal, el fosfato de cal básico y las sales alcalinas deben ir acompañadas de una sustancia que pueda suministrar azoe asimilable; de modo que el fosfato de cal y las sales alcalinas añadidas al suelo sin intervencion de un abono azoado, no contribuyen sensiblemente al desarrollo del organismo vegetal.*

Con experimentos no ménos delicados prueba Boussingault que las materias azoadas asimilables que contiene la atmósfera, intervienen en muy pequeña proporcion para poder determinar, en ausencia de un abono azoado, una abundante y rápida produccion vegetal. Parece, sin embargo, que habiéndose hecho uso del nitro como materia azoada en todos estos experimentos, hay que tener en cuenta la accion recíproca que puede existir en el suelo entre dicho nitrato y el fosfato de cal; accion que si á primera vista, al poner dichos dos cuerpos en contacto, no es muy sensible, puede sin embargo ser de alguna consideracion en presencia de la fuerza de vegetacion; cuya causa, si bien es desconocida, de todos modos es ménos maravillosa que la accion de presencia que ejercen ciertos cuerpos inorgánicos, determinando combinaciones y descomposiciones entre dos sustancias, cuyo contacto sin esta causa no daba lugar á reaccion alguna.

Finalmente, en los experimentos de Boussingault intervienen las cenizas y los carbonatos alcalinos, los cuales, en presencia del fosfato de cal, pueden, como en los experimentos de Ville, obedecer á la ley de Dulong. (Véase pág. 33).

Como dice el mismo Boussingault, probablemente hay más analogía de lo que se cree entre las sales de que hizo uso en sus experimentos, y el estiercol de cuadra, al cual llama *el abono por excelencia:* por una parte los bicarbonatos alcalinos se encuentran, tanto en el estiercol como en la orina de los herbívoros; por otra parte el estiercol cambia completa-

mente de composicion cuando se encuentra en una tierra convenientemente preparada: la fermentacion continúa en la partes blandas, y la combustion lenta que sufre el *humus ó el mantillo*, último término de la descomposicion de los vegetales, así como la accion que el aire, el agua y el suelo ejercen sobre todas estas materias, hacen que en definitiva el estiercol ceda á las plantas porcion de sales alcalinas y térreas, fosfatos, nitratos y amoniaco. Estas dos últimas materias son las que proporcionan á la planta cierta cantidad de ázoe.

No se crea, sin embargo, que limitamos la accion de los abonos nitrogenados á las reacciones de los principios salinos que se forman por su descomposicion en el terreno sobre los fosfatos de cal. *Los abonos nitrogenados, en general, ejercen dos acciones, lo mismo que los fosfatos: una de ellas inmediata y directa, que acelera en un tiempo dado el desarrollo de las plantas que cultivamos, y que en forma de excrementos ó de estiercol aumenta la proporcion de los principios sanguinificables en las plantas que cultivamos (Liebig); y otra indirecta, obrando sobre los fosfatos térreos, y haciéndolos solubles á fin de que puedan ser absorbidos por la planta,* la cual entonces adquiere todo su desarrollo en ciertos órganos que no se desarrollarían sin el auxilio de los fosfatos, á pesar de poder asimilarse, tanto de la tierra como de la atmósfera, todo el ázoe necesario á su crecimiento.

Por esto el poder fertilizante del carbon animal, que hasta hace poco se habia atribuido exclusivamente al fosfato de cal, se ha visto por experimentos directos que es insignificante cuando está dicha materia completamente desprovista de la parte animal.

Por esto, finalmente, *el valor de un abono es relativo á la cantidad de fosfatos y á la cantidad de ázoe que contiene.*

SEGUNDA PARTE.

Abonos fosfatados.

Antes de entrar de lleno en la segunda parte de la memoria que nos prescribe el programa de la Academia, ó sea á tratar de *los procedimientos más económicos para utilizar los fosfatos térreos en la produccion de cereales en la Península*, veamos en general de dónde pueden las plantas procurarse fosfatos térreos, siguiendo en este estudio el órden de materias que indica el siguiente cuadro:

Fosfatos que pueden encontrarse naturalmente en el tereno......................		Fosfatos propios del mismo terreno.
		Fosfatos procedentes de los despojos de los vegetales y animales.
		Materias fosfatadas procedentes de la atmósfera.
Materias que pueden suministrar fosfatos á las plantas.	Abonos azoados.	Estiercol.
		Materias fecales.
		Guano.
		Huesos.
		Resíduos de algunas industrias, y abonos artificiales.
	Abonos minerales. ..	Cal y margas con mezcla de fosfatos.
		Fosfatos minerales.
		Productos artificiales.

Fosfatos propios del mismo suelo. Siendo la tierra vegetal formada por los detritus de diferentes rocas, que han sido arrastrados hácia los valles, hay siempre una estrecha relacion entre la naturaleza de la tierra y la de las rocas de que procede.

Muchas veces, en virtud de las leyes que han precedido á su formacion, se observa que el subsuelo difiere algun tanto del suelo activo, sea por la propia naturaleza de los sedimentos, sea que la capa superficial ó suelo haya sido modificada por la mano del hombre ó por la misma vegetacion.

Por el mundo agrícola han resonado en estos últimos tiempos las sombrías profecías del eminente Liebig, quien lamentando la pérdida contínua de fosfatos con las materias que los sumideros de las grandes poblaciones arrastran hácia el mar, parece indicar que ha de llegar un dia en que la tierra, exhausta de fosfatos, no produzca ya más trigo. Sin que en el fondo no deje de ser un gran axioma el principio sentado por Liebig, debemos, sin embargo, indicar los grandes recursos que actualmente tenemos á mano, ínterin llega el dia en que el labrador, con la balanza en la mano, aprecie debidamente el valor de las materias que pueden servirle de abono para sus campos, y pueda disponer de medios reales de trabajo de que ahora todavía no dispone.

Hay tierras tan ricas en fosfatos naturales, que se las puede considerar inagotables por un gran número de años; y que aun despues de pasado este largo período, en que la capa superficial llegue á quedar exhausta de fosfatos por las cosechas multiplicadas de gramíneas, pueden todavía volver á ser fértiles por medio de un cultivo especial. Esto será una de las grandes ventajas de las labores con el vapor, cuando esto llegue á ser un método práctico de hacer factibles y fáciles las buenas y profundas labores de cualquier terreno que sea.

La cantidad prodigiosa de principios nutritivos arrastrados por las aguas, procede exclusivamente de la capa labrantía, que en muchos paises no pasa de un grueso de 4 á 5 pulgadas: prescindiendo, por consiguiente, de los otros recursos que la ciencia puede proporcionar al labrador, hay subsuelos ó segundas capas de tierra de considerable profundidad, que contienen fosfatos en abundancia, las cuales pueden

alimentar durante muchos siglos la produccion de cereales. Para esto solo se necesitarán, cuando llegue el caso, *labores profundas*, y en último resultado, *desfondos* (1).

Fosfatos procedentes de los despojos de los vegetales y animales. Una tierra exhausta de fosfatos no producirá cereales; y en vano se deja *descansar*, si no se le añaden las sales térreas que le faltan para producir cosechas abundantes. Puede, sin embargo, influir algun tanto el *barbecho* en la desagregacion de los fosfatos térreos que pudiesen haber quedado en la misma tierra, poniendo bajo un estado asimilable los que antes no lo eran. Los vegetales que espontáneamente crecen en los barbechos, así como el rastrojo que se entierra con el arado, y los vegetales que se siembran para enterrarlos tambien cuando llegan á cierta época de su desarrollo, preparan el suelo perfectamente; y la pequeña cantidad de fosfatos que hicieron pasar al estado soluble, queda entonces en las mejores condiciones para ser asimilados.

Las malas yerbas que se arrancan de una tierra, llevan consigo cierta porcion de fosfatos que se pueden devolver al mismo suelo quemándolas y esparciendo sus cenizas; lo mismo que se hace con el rastrojo en los paises en que, por razon de la sequedad del clima, su descomposicion espontánea sería sumamente lenta.

Los animales silvestres, desde los cuadrúpedos hasta los más microscópicos insectos, contribuyen poderosamente á modificar la capa de tierra vegetal, proporcionándole los fosfatos asimilables que proceden de sus deyecciones y despojos.

Así es como se han formado esos depósitos inmensos de guano que constituyen la riqueza de algunos paises. Así tambien se formaron en época muy remota esos inmensos bancos de coprolitos (véanse las páginas 21 y 22) en que funda hoy dia su esperanza la agricultura moderna.

Materias fosfatadas procedentes de la atmósfera. Hace mucho tiempo que se ha reconocido en la atmósfera la existencia de una porcion de

(1) Se llaman desfondos las labores á mas de 25 centímetros de profundidad.

materias orgánicas, las cuales proceden tanto del reino vegetal como del animal; y en virtud de su gran tenuidad, ya se mantienen en suspension en el aire, ó ya son arrastradas ó precipitadas por las corrientes. A este órden de fenómenos pertenecen los miasmas pútridos que infeccionan el aire en las marismas y comarcas pantanosas, atribuyéndose á causas análogas la fecundacion de ciertas plantas, la aparicion del moho y de los hongos y de otros fenómenos análogos.

Zimmermann, Brandes, Hermbstadt, Kruger y Boussingault, determinaron ya la presencia del fósforo en las materias orgánicas contenidas en el agua de lluvia.

El conocimiento de la existencia de estos seres organizados en la atmósfera, envuelve en sí el conocimiento de que existen constantemente en la misma diferentes principios fosfatados.

Los vientos arrastran de la superficie de las aguas cenagosas ó de los pantanos desecados millares de *rotíferos* y otros seres organizados, que, inmóviles y con toda la apariencia de la muerte, flotan en el aire hasta que el rocío los precipita sobre la tierra. (Humboldt.)

La atmósfera contiene además huevos de insectos y los gérmenes de vegetaciones *criptogámicas*, las mismas que se fijan muchas veces sobre los cereales ó sobre las patatas, produciendo diversas enfermedades en estas plantas.

Barral, en una memoria que presentó á la Academia de París en noviembre de 1860, fundándose en estos hechos ya conocidos y en observaciones propias, anunció el descubrimiento de las materias fosfatadas en la atmósfera; y sin que admitamos como descubrimiento lo que *à priori* debia suponerse, es preciso convenir en que dicha memoria fija algun tanto las ideas acerca de este particular. Barral, valiéndose de medios sumamente precisos, recogió y analizó el agua de lluvia durante 5 años consecutivos. Entre los resultados de sus análisis, llama muy especialmente la atencion el que la cantidad de ácido fosfórico contenida en las aguas pluviales recogidas en el campo y en la ciudad, es proporcional al volúmen del líquido, si bien varía con la cantidad de resíduo obtenido por la evaporacion de dicho líquido, cuyo resíduo es más

abundante en el agua de lluvia de las ciudades, á causa de la impureza de su atmósfera.

No se explica satisfactoriamente cómo esta mayor cantidad de impurezas no da mayor proporcion de ácido fosfórico. Barral indica que la existencia de estas materias fosfatadas en la atmósfera, podria atribuirse al hidrógeno fosforado inflamable, procedente de la putrefaccion de materias animales; mientras que Figuier combate esta opinion, atribuyendo la existencia de dichas materias fosfatadas al fosfato de cal arrebatado por los vientos á las rocas y á los terrenos. Por nuestra parte, no vemos en estas dos opiniones más que una razon para explicar la igualdad de la porcion de fosfatos que existe, tanto en la atmósfera de las poblaciones, como en la del campo. En la primera dominan las materias fosfatadas procedentes del reino orgánico, mientras que en la segunda dominan las que proceden del reino mineral.

La cantidad de ácido fosfórico obtenida por dicho químico del agua de lluvia, es de 0,05 á 0,09 de milígramo por litro de agua. Calculando la cantidad de agua que anualmente cae sobre una hectárea de terreno, deduce Barral que dicha superficie recibe anualmente por este medio 400 gramos de ácido fosfórico; y como segun Boussingault, 1 hectólitro de trigo roba á la tierra 1 kilógramo de ácido fosfórico, resulta que para producir 7 ú 8 hectólitros de trigo por hectárea, ó bien refiriéndose á nuestro pais, 8 ó 9 fanegas de trigo por fanega de tierra, que es la cosecha ordinaria de las que se cultivan por el sistema de barbechos, sería preciso dejar reposar durante 20 años una tierra, para que se repusiera de la pérdida de fosfatos ocasionada por una cosecha.

De aquí la necesidad de los abonos artificiales, so pena de hacer lo que los árabes, que dejan descansar sus tierras durante muchos años.

Materias que pueden suministrar fosfatos á las plantas.

Estiercol.—La lengua española, tan rica en refranes, tiene uno, de aplicacion á la agricultura, que dice: *el labrador antes sin orejas que sin ovejas.* La importancia que en la agricultura se da al ganado, es, pues,

no solamente la que tiene en sí la cria y especulacion del mismo, sino el aprovechamiento de sus deyecciones para abonar los campos

Sabemos que solo en el cuerpo del animal jóven subsiste una cantidad de fosfato calizo en los huesos, y de fosfato alcalino en la sangre (Liebig); y que á excepcion de esta pequeña cantidad, el animal nos devuelve en forma de excrementos todas las sales de base alcalina, todos los fosfatos de cal y magnesia que diariamente recibe con los alimentos.

En Holanda las vacas que dan leche, permanecen dia y noche en los pastos, de modo que todas las sales que contienen los forrajes, vuelven al suelo en forma de excrementos; así, pues, estos prados no pierden más que la cantidad de sales que permanecen en el queso (Liebig).

Si buscamos en España un ejemplo práctico de este método de explotar el suelo, lo encontraremos en el gran cultivo de las provincias de Andalucía. En dichas provincias se sigue para labrar la tierra el sistema llamado de *tres hojas*, esto es, de dividir la tierra en tres partes: una se siembra, otra se *barbecha* y la tercera se deja de *manchon*. La fertilidad de las tierras de Andalucía es verdaderamente asombrosa, y esto hace que en el *manchon* nazcan espontáneamente muchas plantas forrajeras de las mejores que se conocen, entre ellas la sulla, los tréboles, vallico, avena, etc. (Hidalgo Tablada). En el manchon se hace entrar el ganado, el cual deja el suelo movido y mezclado con sus deyecciones.

Esta práctica basada sobre un buen principio agrícola, tiene las más de las veces algo de empírico y defectuoso. Efectivamente, si en virtud de la misma fertilidad del terreno el único alimento del ganado es el forraje que produce aquel, la cantidad de fosfatos no aumenta; antes al contrario, aun suponiendo que el ganado permanece dia y noche en el manchon como en los prados de Holanda, habrá pérdidas de fosfatos, asimilados por los animales jóvenes, en los cuales forman parte de los huesos, de la sangre y de algunos productos que rinden, tales como la leche y la lana. Así, pues, todo el efecto útil del ganado en los manchones consiste en que una porcion de sales térreas del mismo suelo se encuentra en las deyecciones de los animales en un estado más fácil-

mente asimilable; efecto análogo, aunque más pronto que el producido por la influencia atmosférica, por la cal (véase pág. 50), y hasta por la misma vegetacion espontánea sobre el barbecho (véase pág. 18).

Cuando el ganado no se alimenta exclusivamente del producto del mismo manchon, sino que recibe además una cantidad de principios nutritivos procedentes de tierras extrañas, entonces, además del efecto indicado anteriormente, se podrá obtener por medio de las deyecciones del ganado, ó de los estiércoles que produzca, un aumento de fosfatos en el suelo.

El acarreo de estiércoles tiene por objeto evitar el empobrecimiento de una tierra cultivada, siendo muchas veces el estiércol la única materia con la cual se restablece el equilibrio en un terreno. Es necesario en este caso, como ya advertimos antes, que el alimento de los animales no proceda todo exclusivamente del terreno que se quiere abonar. El acarreo de estiércoles de los alrededores del punto en donde se labra, y el establecimiento de un buen estercolero, es una de las cuestiones de más trascendencia para el labrador.

Cuando se trata del cultivo de cereales en grande escala, la cantidad de estiércol que se produce, por lo regular, no es suficiente para las necesidades locales: en este caso se barbecha, dejando que la influencia atmosférica complete la obra empezada por la accion de las materias azoadas sobre las sales térreas insolubles del mismo suelo.

Materias fecales.—Las materias procedentes de los *pozos negros*, y acarreadas desde el centro de las grandes poblaciones, deben comprenderse entre las sustancias propias para reparar las pérdidas producidas por las cosechas. Dichas materias se usan de distintas maneras segun la práctica de cada pais establecida con arreglo á ciertas exigencias locales. Su uso data de tiempo inmemorial entre los chinos, siendo hoy dia seguido en Bélgica, Prusia, Austria, Toscana, Rusia y algunas provincias de España, como son Cataluña y Murcia. En cambio hay paises muy adelantados que dejan perder este inmenso raudal de ázoe y de fosfatos, siendo arrastrado por los rios hácia el mar.

La mayor parte de las poblaciones inglesas y francesas tienen establecido un sistema tal de limpieza, por el que dichos elementos, tan

útiles al terreno, se disipan, comprando en cambio huesos, guano y otros abonos á las naciones extranjeras.

Rigurosamente hablando, este sistema puede producir el empobrecimiento de todas las tierras de Europa. Liebig, llevando estos temores hasta el extremo, hace las siguientes reflexiones respecto de Inglaterra, cuya nacion, segun él, ha explotado de tal modo todos los paises habitados del globo, que los fabricantes de abonos fosfatados fundan sus esperanzas en los depósitos de fosfato de cal que existen con abundancia en el reino mineral. «Si en Inglaterra continúa el sistema actual »de limpieza, dejando perder las aguas sucias de las ciudades, los abo»nos extranjeros, el guano, los huesos y demás serán tragados por las »alcantarillas que, como un abismo sin fondo, vienen hace tantos siglos »absorbiendo los principios fertilizantes de todas las tierras arables de »Inglaterra; y despues de esto, cuando Inglaterra haya agotado com»pletamente todas las tierras cultivadas en Europa; cuando las haya im»posibilitado para darla abonos y granos, se hallará del mismo modo »que antes de la importacion del guano y de los huesos, habiendo úni»camente alcanzado un aumento de poblacion sin lograr un aumento »de medios de produccion; y así como Roma esterilizó la Sicilia, la »Cerdeña y las costas de Africa, así Inglatera ha contribuido poderosa»mente al empobrecimiento de las mejores tierras de los Estados-Unidos »que la proveian de trigos.» (Carta del Baron de Liebig á Mr. Mechi de Tiptree-Hall.)

En medio de todas estas razones, hay otras que se oponen á la aplicacion general de los líquidos excrementicios á la produccion de cereales. Una de estas razones es puramente económica; es decir, que no siempre los gastos de acarreo serán compensados por el producto de la cosecha. Otra razon poderosa que atañe á determinadas localidades, es la desproporcion que hay entre el número de habitantes y la superficie labrada. Así, mientras que en algunos parajes de Cataluña, especialmente cerca de los grandes centros de poblacion como Barcelona, en que la propiedad está muy repartida, es fácil poderse procurar la cantidad de materias excrementicias que se necesitan para que aquellas tierras produzcan cereales, vemos que en Andalucía, donde hay falta

de poblacion, y donde el cultivo se hace en grande escala, sería imposible procurarse la cantidad suficiente de dicha materia.

Otro inconveniente se presenta todavía para poder aprovechar económicamente los líquidos excrementicios de las poblaciones: tal es el aumento siempre creciente de agua en los pozos negros, ocasionado por nuevas necesidades y por los reglamentos municipales. Esto dificulta muchas veces el aprovechamiento de dichas materias para la fabricacion de abonos artificiales, especialmente el que se conoce en Francia con el nombre de *poudrette*, usado en el reino de Valencia con el nombre de *fempta*.

Este abono muchas veces es simplemente el producto de la desecacion espontánea de las materias excrementicias en grandes albercas; y otras veces lleva mezcla de diferentes sustancias desinfectantes, como son el carbon animal, la tierra vegetal carbonizada, ó ciertas sales metálicas que, fijando el amoniaco de aquellos líquidos, aumentan el efecto útil del abono.

Concretándonos simplemente al caso de los fosfatos que hay que devolver al suelo, la *fempta* ó materias fecales desecadas, aun cuando hayan perdido una parte de ázoe, llenan perfectamente el objeto; y esparcidas á voleo sobre un campo pueden fertilizarlo, y devolverle las sales alcalinas y térreas que hubiese perdido en las cosechas anteriores.

Guano.—Los excrementos de las aves, como abono, tienen una accion superior á la de los herbívoros; y esta diferencia depende principalmente de que las aves se alimentan por lo regular de semillas é insectos, así como tambien de su forma concreta. El guano debe considerarse entre estos productos. Esta materia se encuentra en gran cantidad en un gran número de islotes del mar del Sur, en las costas del Perú y de Chile, formando depósitos estratificados que presentan á veces hasta 20 metros de espesor. Estas islas están habitadas por una multitud de aves, sobre todo ardeas y fenicopteras, que se posan en ellas durante la noche, y cuyos excrementos presentan una composicion idéntica á la de la materia de las capas más antiguas de estos depósitos.

Malagutti, calculando que en el supuesto que estas islas estuvieran

completamente cubiertas de aves, sería preciso 600.000 años para que se formaran dichos depósitos, cree que han debido concurrir otras causas á su formacion, y que tal vez la masa principal del guano es un producto anti-diluviano.

Sea como fuere, el hecho es que desde tiempo inmemorial las costas estériles del Perú deben sus cosechas de cereales al uso del guano, que los naturales aplican en pequeñas dósis, especialmente para el cultivo del maiz.

Hace pocos años que los ingleses introdujeron este abono en la agricultura, y desde entonces se han descubierto depósitos inmensos de guano en otros puntos del globo.

El guano es un abono de composicion variable, pues unas veces la cantidad de ázoe que contiene pasa de 14 por 100, mientras que en otras calidades no llega á un 5 por 100. La cantidad de fosfatos térreos es tambien variable desde 25 á 42 y aun más por 100, prescindiendo de la cantidad de fosfatos alcalinos que contiene.

Se encuentra tambien en el guano oxalato amónico, cloruros y sulfatos alcalinos, y en algunas variedades el ácido úrico.

El guano es un abono que bajo todos conceptos está en las condiciones más favorables para proporcionar fosfatos á los vegetales; y esta circunstancia, para la cual contribuye no poco la gran cantidad de materias azoadas que contiene, hace que su influencia sobre los vegetales sea rápida y se manifieste instantáneamente. La influencia del guano muchas veces no se hace sentir más que en una cosecha; fenómeno que los labradores esplican diciendo que el guano esquilma la tierra, y efectivamente es así. Usando este abono tan rico en sales amoniacales, la tierra produce cosechas más considerables; pero el aumento de estas traerá como consecuencia el empobrecimiento del suelo, pues que la excitacion producida por las combinaciones azoadas, pudiendo determinar la disolucion de una gran cantidad de fosfatos (véase pág. 36), hará que las plantas absorban, además de los fosfatos contenidos en el guano, una cantidad notable de los que naturalmente se encontraban en el suelo. Así, pues, el guano del Perú produce un bien momentáneo, que conducirá inevitablemente á un mal en lo futuro. (*Informe sobre el*

guano de los Cayos de los Jardinillos al Capitan General de la isla de Cuba, por D. Alvaro Reynoso.)

Las aplicaciones del guano del Perú resultan más ventajosas cuando se mezcla dicha materia con fosfato de cal fósil pulverizado, en cantidades iguales cuando menos (Pommier). En todo caso, un exceso de fosfatos térreos nunca puede ser nocivo, al paso que su falta ó escasez en un abono abundante en sales amoniacales, podria tener fatales consecuencias.

Huesos.—La descomposicion de estos sobre el terreno es muy lenta, y por consiguiente su influencia se deja sentir en las cosechas sucesivas sin esquilmar la tierra.

El convencimiento de la necesidad de los abonos fosfatados hizo que Inglaterra, que marcha siempre por sus adelantos agrícolas al frente de las naciones civilizadas, se ocupara desde los primeros años de este siglo en esparcir en sus campos una sustancia tan útil y necesaria. A este efecto principiaron á emplear los huesos; y no solo practicaron toda especie de diligencias para procurarse huesos en su pais, sino que fletaron buques para todos los paises de Europa, de América, y aun de las Indias Orientales, para que les trajesen el precioso abono; compraron en las costas del mar Báltico la tierra y huesos de los cementerios; finalmente, no respetando restos gloriosos, extrajeron de los grandes campos de batallas de Alemania, en solo el año de 1822, mas de 30.000.000 de kilógramos de huesos humanos, probablemente mezclados con tierras, para bonificar sus campos.

Hoy dia Inglaterra importa anualmente mas de 50.000.000 de kilógramos de huesos procedentes de distintos puntos del globo.

De Inglaterra, el uso de los huesos como abono ha cundido á todos los paises civilizados; de modo que hoy dia este artículo no solo ha duplicado su valor, sino que aun escasea en el mercado.

En Francia, en lugar de los huesos crudos, se usan los huesos carbonizados, ó sea el carbon animal; pero como esta sustancia cuando está completamente desprovista de materia orgánica es muy poco activa, se utiliza regularmente para la agricultura despues que ha servido como descolorante en las refinaciones de azúcar ó en otras industrias.

Resíduos de algunas industrias y abonos artificiales.—El carbon de hueso

que procede de las refinaciones de azúcar, contiene la materia colorante que pertenecia á los jarabes que ha descolorado, y bajo tal estado obra más enérgicamente sobre la vegetacion, por la mayor cantidad de materia orgánica que contiene, susceptible de desagregar, al descomponerse, el fosfato de cal del hueso y disponerlo para su disolucion y asimilacion. Esta materia es una de las más usadas en los departamentos del Oeste de Francia, á donde refluyen todos los que proceden de las refinaciones de todos los puntos del imperio; su valor como abono aumenta considerablemente cuando el carbon animal va mezclado con sangre empleada en la clarificacion de los jarabes de azúcar, hasta el punto que este resíduo de la clarificacion se vende más caro que el mismo producto fabricado exprofeso por la clarificacion y descoloracion de los jarabes.

En Nantes, que es el gran mercado de este artículo, y en donde se reunen los resíduos de las refinaciones, no solamente de Francia, sino tambien de Hamburgo, Amsterdam, Rusia y otros paises, se venden todos los años más de 17.000.000 de kilógramos de esta materia.

A esta misma clase de abonos pertenecen los resíduos de las tenerías, mezcla de materias alcalinas ó calizas empleadas como depilatorios, y de materias animales más ó ménos descompuestas, tales como el pelo, resíduos de la piel, etc.

Podríamos citar otros resíduos procedentes de diferentes industrias, tales como el orujo de muchas semillas oleaginosas, la cama y demás desperdicios de los gusanos de seda, etc., etc., materias á que la agricultura da valor desde el momento en que las utiliza como abono.

Con los desechos y resíduos de algunas industrias, y con los despojos animales que no tienen otra aplicacion directa, se fabrican abonos comerciales. El excremento de las aves, las materias fecales desecadas, la sangre y la carne igualmente desecadas, el hueso pulverizado, las raspaduras de asta, el pescado seco pulverizado y otros muchos resíduos orgánicos é inorgánicos, son las materias primeras que sirven para la confeccion de estos abonos. *Toda la habilidad del fabricante está ó consiste en obtener una mezcla, en la cual dominando hasta cierto punto las materias fosfatadas, el efecto del abono no se limite al desarrollo momentáneo de la planta,*

esquilmando la tierra por causa de un exceso de compuestos azoados de facil descomposicion. Por esto en dichos abonos el efecto demasiado activo de la palomina y demás excrementos de aves, así como el de la sangre y aun el de la carne, está neutralizado por el de los huesos y el de la materia córnea, cuya descomposicion es lenta, y cuya influencia deja sentirse en el terreno en las cosechas sucesivas.

El pescado seco reducido á polvo contiene un 12 por 100 de azoe, y un 14 y un décimo por 100 de fosfatos térreos, constituyendo por sí solo un buen abono, tanto más, cuanto que el acarreo de esta materia no ocasiona el empobrecimiento de otras tierras. La industria de Mr. Demolon, establecida en Francia de algunos años á esta parte, está fundada bajo todos conceptos sobre principios lógicos.

En algunos puntos, por ejemplo en la costa de Galicia, el producto de la pesca en ciertas épocas del año es tan abundante, que se aprovecha echándolo sin preparacion alguna sobre la tierra, usándose tambien con igual objeto las algas y demás plantas marinas que las mareas arrojan á las playas.

En Holanda y en algunos puertos de Escocia y de Francia, se aprovecha la salmuera y los demás resíduos procedentes de la preparacion de los arenques para las tierras destinadas especialmente á legumbres. Dicha salmuera contiene 5 gramos de azoe y 3,8 gramos de ácido fosfórico por litro, empleándose, ya en forma de irrigaciones, ya mezclada con el estiercol, ya formando abonos compuestos con otras materias.

Abonos minerales.

Cal y margas con mezcla de fosfatos.—No nos estenderemos acerca del efecto que producen la cal y las margas sobre los terrenos, porque lo consideramos ageno al objeto de esta Memoria; solo indicaremos que debe tenerse en cuenta la influencia que sobre el mismo terreno produce el fosfato de cal que accidentalmente acompaña á estos abonos minerales.

En efecto, si analizamos con escrupulosidad la mayor parte de las

calizas, muy á menudo encontraremos cantidades de fosfatos, las cuales en las variedades amorfas, son por lo comun muy sensibles, y hasta llegan á ser de alguna consideracion.

La cal, esparcida sobre los terrenos duros y arcillosos, los hace permeables, y pone en libertad los álcalis, desagregando los silicatos de alúmina y potasa, haciéndolos facilmente asimilables por el vegetal. (Fuchs.) Es innegable que si la cal contiene 1, 2 por 100 ó más de fosfatos, no dejarán estos de contribuir al buen resultado de la cosecha.

Lo mismo debe decirse del abono con las margas que accidentalmente contengan alguna cantidad de fosfatos. El carbonato de cal hecho soluble en el agua á beneficio de un esceso de ácido carbónico, obra sobre la arcilla de la misma manera que una lechada de cal; y así se esplica la influencia favorable que la marga ejerce sobre la mayor parte de los terrenos. (Liebig.) Al propio tiempo, el mismo agente que determina la disolucion del carbonato de cal, puede determinar la del fosfato de cal existente tal vez en la marga; pudiendo al mismo tiempo obrar cualquiera de las causas mencionadas en las páginas 18 y 19 como disolventes de los *fosfatos térreos de dichas margas.*

Fosfatos minerales.—Trataremos este punto con toda la estension que requiere su importancia, pues á él tal vez hace especial referencia el programa dado por la Academia.

Hemos visto (págs. 19 y 20) las diferentes variedades de fosfatos que se presentan en la naturaleza. Existiendo tan gran cantidad de fosfatos minerales, ¿seria posible aplicarlos todos indistintamente á la agricultura para restablecer en los terrenos las pérdidas ocasionadas por las cosechas?

La aplicacion del fosfato de cal mineral para abono de las tierras ha sido una innovacion, cuya iniciativa pertenece á los ingleses.

En un principio, la eficacia de aquellos agentes fué puesta en duda y hasta negada en los demás paises; pero al fin y al cabo se reconoció por todos. Mientras en Francia y en Alemania se formaban teorías acerca de la accion que podian tener los abonos puramente minerales, en Inglaterra se ensayaban prácticamente; y al propio tiempo que importaba aquella nacion grandes cantidades de guano, nitratos de sosa y potasa

del Perú, huesos de Buenos Aires y otros abonos de reconocida influencia, sometia á ensayos prácticos diferentes rocas fosfatadas que el reino mineral le presentaba con tanta profusion en algunos condados, bajo la forma de nódulos implantados en el *crag calcáreo*, y tambien en la capa superior de la arena verde *(upper green sand)* que precede inmediatamente á la creta superior.

Los franceses, que negaron al principio los efectos del fosfato fósil, reconocieron pronto su error; empezaron á buscarlo con ahinco, y pronto montaron establecimientos que, á imitacion de los que existen en Inglaterra, preparan los fosfatos minerales para la agricultura.

En España, en 1857, se llevó esta cuestion á las Córtes con grandes promesas para el presupuesto nacional; y tomando por punto de partida la esplotacion de la fosforita de Logrosan, se formuló un proyecto de ley, cuyas bases no eran tal vez las más á propósito para que se esplotara dicha materia debidamente y para que su uso se generalizara entre nuestros labradores. Esta circunstancia, junto con algunas ideas científicas que se vertian en el preámbulo de dicho proyecto de ley, leido por el Sr. Ministro de Fomento en la sesion de Córtes del 12 de junio de 1857, dieron lugar á que personas científicas de reconocida suficiencia en su carrera especial, impugnaran dicho proyecto de ley, tal vez en demasía. (Véanse los documentos al fin de esta Memoria.)

Desde algun, tiempo antes que el Gobierno español fijase su atencion en los criaderos de Logrosan, se esportaba ya de este punto gran cantidad de fosforita para Inglaterra, no para aplicarla en tal estado sobre el terreno, sino para prepararla antes convenientemente para el mismo uso.

La experiencia ha demostrado que hay ciertos fosfatos de cal minerales que pueden servir para restablecer en el terreno la cantidad de fosfatos que se han llevado las cosechas, con tal que se coloquen en las condiciones propias para ser disueltos y asimilados: teniendo presente que así como el carbon animal por sí solo tiene poca influencia sobre la vegetacion no yendo acompañado de materias azoadas, así tambien el fosfato mineral obra, en iguales circunstancias, de una manera incompleta, y más aún si no se le presenta ó emplea en polvo impalpable.

Así, pues, el mejor uso que puede hacerse de dicho fosfato mineral es mezclarlo con el estiercol antes de fermentar, ya sea esparciéndolo sobre la cama de los animales, ya estratificándolo con dicho abono en el momento de sacarlo del establo.

Esta práctica se observará cuando se trate de aplicarlo á tierras calcáreas, ó empobrecidas de materias orgánicas, ó mejoradas con cal ó margas. Al efecto, despues de haber extendido sobre el suelo una capa de 25 centímetros de dicho estiercol, se esparcirá por encima el fosfato en 10 ó 12 kilógramos por 1.000 de estiercol. (Pommier.)

Despues de cuanto llevamos dicho, no creemos necesario insistir acerca de los buenos efectos que sobre dichos fosfatos producirá el ácido carbónico que se desprende durante la fermentacion del estiercol; así como tambien la influencia de las materias azoadas del mismo sobre la asimilacion de los fosfatos por los vegetales.

Algunos de los primeros ensayos hechos para aplicar los fosfatos minerales á la agricultura, fallaron á causa de la insolubilidad de aquellos y de la poca tenuidad de sus partículas. Cuanto mayor sea el estado de division bajo el cual se presenten al terreno, más fácilmente serán atacados por los ácidos débiles del mismo y puestos en estado de disolucion, *única forma bajo la cual* pueden ser absorbidos por las raices.

A fin de presentar el fosfato ya en estado asimilable al terreno, los ingleses convierten préviamente el fosfato mineral ($3CaO, PhO^5$) en bi-fosfato soluble ($CaO, 2HO$) PhO^5; para lo cual, despues de varios ensayos, han montado grandes fábricas, en donde atacan el fosfato mineral con el ácido sulfúrico y obtienen una mezcla pulverulenta, compuesta en su mayor parte de sulfato y bi-fosfato de cal, á la cual han dado el nombre de super-fosfato de cal *(super fosfate of lime)*.

Hoy dia que los franceses se han dedicado con ahinco á buscar criaderos de fosfato de cal fósil, poseemos ya cuantas noticias se necesitan para aplicar este abono con conocimiento de causa.

Se observa que el fosfato de cal fósil en nódulos ó coprolitos, se hace más fácilmente asimilable por los vegetales, cuando despues de reducido á polvo fino, se deja expuesto al aire durante algunos meses; siendo en todo caso variable su accion, segun se emplee solo ó mezclado con sus-

tancias orgánicas. Los experimentos que se hagan con esta materia deben practicarse siempre sobre terrenos nuevamente roturados ó no abonados en los años anteriores, pues que los fosfatos que pudiera contener dicho terreno, dejan sentir su influencia mucho tiempo despues.

Para las tierras pobres en agentes de disolucion, conviene mezclar dichos fosfatos con sustancias orgánicas; y por el contrario, podrán usarse solos en tierras novales abundantes en resíduos ó despojos vegetales: práctica que está en armonía con el modo como se aplica el carbon animal.

La adicion de la sangre desecada ó de cualquiera otra materia azoada análoga á los nódulos en polvo fino, produce excelentes resultados bajo el triple punto de vista del rendimiento en granos, vigor de la paja y precocidad en el vegetal.

Insistimos en que de la investigacion de los coeficientes de solubilidad deducidos en un laboratorio, á su segura aplicacion en agricultura, hay toda la distancia que separa un efecto en estremo sencillo de otro en extremo complejo. (Bobierre.) Por esto indicamos todas las causas que pueden contribuir á la disolucion de los fosfatos térreos del suelo, sin limitarnos á una determinada teoría ni atribuir todo el efecto útil á una causa sola.

Como sucede en todo nuevo descubrimiento, mientras unos se esfuerzan en desacreditarlo, otros exageran sus ventajas hasta el extremo. No creemos, como muchos suponen, que el fosfato mineral, cualquiera que sea el estado bajo el cual se presenta, echado sobre el suelo, duplique como por encanto las cosechas, si al mismo tiempo no obran las causas que han de hacer asimilable dicho fosfato. Exageracion parece tambien lo que dice Mr. Jamet, agricultor francés, que cuando se alimenta el ganado con trébol, mielga, y sobre todo con la pulpa de la remolacha, materias que no tienen suficiente cantidad de fosfatos, es preciso mezclar cierta porcion de estas sales minerales en polvo con los forrajes. Jamet cita un experimento hecho con unas vacas alimentadas con remolacha mezclada con fosfato mineral en polvo, las cuales producian más leche y de mejor calidad, y su salud era mucho mejor que la de otras que no se sujetaron á este régimen; esto probaria la posibi-

lidad de la asimilacion directa de los fosfatos térreos por el organismo animal, lo mismo que por el vegetal.

La aplicacion inmediata del fosfato de cal mineral á la agricultura, depende tambien del estado de agregacion de aquel mineral. Inútil seria esperar de la fosforita de Logrosan, reducida á polvo y esparcida sobre los campos, el efecto de los nódulos de Ardennes, en Francia, y de los coprolitos de Surrey, en Inglaterra: reducidos á polvo estos últimos en molinos semejantes á los que sirven para moler el café, aunque en mayor escala, y simplemente esparcidos sobre la tierra, han dado por resultado que los campos que rendian 12 simientes por 1, han producido durante dos años consecutivos 15 y 16.

Lòs franceses, poco seguros todavía del efecto que el fosfato de cal fósil podia surtir sobre sus tierras, recurrieron á desagregarlo por mil medios distintos.

En la fábrica que hácia el año de 1857 Molon y Thurneisen establecieron en la Villette, cerca de París, se preparan los nódulos procedentes de los departamentos de Ardennes y de la Meuse de la manera siguiente. Despues de un lavado *(debourbage)* para separar la arcilla que contienen, se calientan en un horno de reverbero, inmergiéndolos repentinamente en agua fria, á fin de que sea más fácil su trituracion en los molinos. En realidad esta operacion puede suprimirse, pues los nódulos se pulverizan tan fácilmente antes de la tostacion como despues; siendo igualmente atacados por el ácido clorhídrico en frio, el cual disuelve casi todo el fosfato, dejando un resíduo arenoso.

Hace poco tiempo que se ha empezado á producir un fosfato de cal al estado de division química y muy soluble hasta en los ácidos débiles, precipitando por medio de la cal los fosfatos disueltos en el ácido clorhídrico. (Elie de Beaumont.)

Prestándose todos los fosfatos minerales á este tratamiento, es claro que hasta las variedades más compactas, como nuestra fosforita de Logrosan, pueden ponerse bajo un estado asimilable por las plantas.

Dotado este fosfato de una gran cohesion, los medios mecánicos de que podemos disponer para ponerlo en su mayor estado de division, han sido insuficientes. Así es que las primeras importaciones de fosfato de

Extremadura que hicieron los ingleses antes de 1850, no produjeron el resultado favorable que esperaban los agricultores de la Gran Bretaña, teniendo que confesar que, en general, hasta despues de 1857 no pudieron obtener con los fosfatos minerales efectos comparables con los de los huesos ó con el carbon de las refinaciones de azúcar.

Segun Moride, para llegar á este resultado con los fosfatos minerales que son insolubles en los ácidos débiles, seria preciso disolverlos previamente en ácidos minerales enérgicos para separarlos de la materia silícea, y precipitarlos despues por medio de líquidos amoniacales y magnesianos, añadiendo finalmente materias animales ó fermentescibles.

Este procedimiento seria sin duda muy dispendioso, á no ser que se planteara cerca de grandes fábricas de sosa, en donde pudieran aprovecharse los vapores de ácido clorhídrico y efectuar la precipitacion con hidrato de cal, con las aguas amoniacales procedentes de las fábricas de gas del alumbrado ó con resíduos de otras industrias.

Mr. Moride presentó con este objeto un trabajo á la Academia de Ciencias de París, en el cual cita como fosfatos minerales insolubles en el ácido acético, en el agua de Seltz, en el sacarato de cal y en las turbas animalizadas en fermentacion, el *apatito de Logrosan* y los nódulos de Ardennes. Nada diremos de estos últimos, porque no tienen importancia alguna para nosotros; pero en cuanto al apatito de Logrosan, repetiremos (véase pág. 22) que este mineral es algo soluble en el agua saturada de ácido carbónico, y que la cantidad que se disuelve es mayor en el agua acidulada con ácido acético.

Guiándonos por los experimentos practicados por los ingleses, quienes en todo lo relativo á agricultura práctica son considerados como los maestros de los franceses, veremos en estos últimos años hechos que no dejan duda acerca de la posibilidad de aprovechar los fosfatos compactos, como la fosforita de Logrosan, para abono de las tierras, si bien despues de sufrir una preparacion.

En cualquier periódico inglés de los muchos que se publican dedicados exclusivamente á la agricultura, por ejemplo, el *The mark Lane express and agricultural journal*, en la seccion de anuncios y precios cor-

rientes se encontrará entre los abonos comerciales, los coprolitos de Cambridge y de Suffolk, el super-fosfato de cal de la fábrica de *Hodgson and Simpson* en Wakefield, de *Matthews and C.°* en Driffield (Yorkshire), el nitro-fosfato fabricado con los huesos, con los coprolitos ó con los fosfatos minerales, entre los cuales se cita á menudo el de Extremadura. (Véase más adelante.)

De las noticias tomadas sobre el mismo terreno, resulta que la fosforita de Logrosan se manda á Inglaterra para la confeccion de abonos, dirigiéndola por Badajoz hácia Lisboa, y pagándose en los puertos de Inglaterra á 5 libras esterlinas la tonelada (1).

En resúmen, tanto por las razones científicas de todo lo expresado aquí, como en vista de los resultados obtenidos por los ingleses, creemos que el *verdadero fosfato fósil de orígen animal puede en ciertos terrenos aplicarse directamente reducido á polvo, y que los fosfatos de orígen puramente mineral, como la fosforita de Logrosan, aun cuando no producen directamente un efecto notable sobre el terreno, no por esto dejan de ser de gran utilidad para la agricultura, pues con ellos pueden prepararse abonos fosfatados, en los cuales el fosfato de cal esté bajo una forma asimilable por los vegetales.*

Preparacion de los fosfatos minerales en Inglaterra.—El método que usan los ingleses para hacer los fosfatos térreos minerales fácilmente asimilables, es mucho más sencillo que los indicados en la pág. 54. Por medio del ácido sulfúrico convierten el fosfato de cal tribásico $3CaO, PhO^5$ en fosfato ácido $(CaO, 2HO)PhO^5$, el cual es soluble en el agua; y este método lo emplean tanto para los huesos, como para los nódulos, y la fosforita de Logrosan. La cantidad de ácido sulfúrico necesaria para que la descomposicion sea completa, depende de la cantidad

(1) Una sociedad inglesa está explotando con arreglo á las leyes un terreno de fosforita, que es propiedad del Sr. Tocha, portugués, que reside en Estremóz de Portugal, á 10 leguas de Badajoz.

Otro propietario de terreno de fosforita, llamado D. Mário de Luna, en agosto de 1861, habia ya exportado unos 60.000 quintales á Inglaterra, Estados-Unidos y diferentes puntos del continente europeo.

de fosfato contenida en la materia, y tambien de la cantidad de carbonato calizo y de otras sustancias que pueden neutralizar mayor ó menor cantidad de dicho ácido, siendo conveniente que la materia primera sobre que se opera contenga la menor proporcion posible de carbonatos, á fin de no gastar una cantidad de ácido inútilmente.

Si el fosfato de cal fuese químicamente puro, por 100 partes del mismo se necesitarian 68,8 de ácido sulfúrico monohidratado; lo cual se desprende de la fórmula siguiente, sustituyendo los equivalentes químicos numéricos á los equivalentes simbólicos.

$$3CaO, PhO^5 + 2(SO^3, HO) = (CaO, 2HO) PhO^5 + 2(CaO, SO^3)$$
$$84 + 72 + 2(40 + 9) = \text{etc.}$$

El fabricante de superfosfatos debe analizar préviamente las materias primeras que recibe para saber no solamente la cantidad de fosfato real que contienen, sino tambien la de carbonatos. (Véanse los análisis al final de la Memoria).

Por 100 partes de carbonato calizo contenidas en el fosfato natural, deben emplearse 98 de ácido sulfúrico monohidratado, independientemente del que se necesita para descomponer el fosfato, segun se desprende de la siguiente ecuacion:

$$CaO, CO^2 + SO^3, HO = CaO, SO^3 + HO + CO^2$$
$$28 + 22 + 40 + 9 = \text{etc.}$$

Si el mineral contuviera carbonato de magnesia, se emplearia una cantidad de ácido correspondiente á dicho carbonato para descomponerlo tambien por completo, segun se vé en la siguiente ecuacion:

$$MgO, CO^2 + SO^3, HO = MgO, SO^3 + HO + CO^2$$
$$20 + 22 + 40 + 9 = \text{etc.}$$

Propongámonos, por ejemplo, descomponer los nódulos del Havre, cuya composicion, segun Berthier, es la siguiente:

Fosfato de cal.	57,3
Carbonato de cal.	7,6
Carbonato de magnesia.	2,6
Silicato de hierro y arcilla.	25,3
Agua y materia bituminosa.	7,5

Sabiendo ya por lo que hemos dicho antes la cantidad de ácido sulfúrico que se necesita para descomponer el fosfato de cal, así como tambien las cantidades del mismo ácido que serán neutralizadas por los carbonatos de cal y de magnesia, se encontrará la cantidad total de ácido necesaria por medio de las tres proporciones siguientes:

$$\underset{(3CaO,PhO^5)}{156} : \underset{2(SO^3,HO)}{98} :: 57,3 : x = 35,99$$

$$\underset{(CaO,CO^2)}{50} : \underset{(SO^3,HO)}{49} :: 7,6 : x = 7,45$$

$$\underset{(MgO,CO^2)}{42} : \underset{(SO^3,HO)}{49} :: 2,6 : x = 3,03$$

$$46,47$$

La cantidad 46,47 indica las partes en peso de ácido sulfúrico monohidratado que deben emplearse por 100 partes de dichos nódulos pulverizados.

De la misma manera si se trata de descomponer un fosfato que contenga fluoruro de calcio, como la fosforita de Logrosan, deberá agre-

garse una cantidad de ácido que actúe sobre dicha materia, cantidad que se deduce de la siguiente ecuacion:

$$CaFl+SO^3,HO=HFl+CaO,SO^3$$
$$39{,}18+\quad 49 \quad = \text{etc.}$$

Y si se ataca un apatito que tenga cloruro de calcio, habrá que calcular la cantidad de ácido sulfúrico, teniendo en cuenta la siguiente reaccion:

$$CaCl+SO^3,HO=HCl+CaO,SO^3$$
$$55{,}5+\quad 49 \quad = \text{etc.}$$

Cuando se tratan estos minerales con el ácido sulfúrico concentrado, se forma una pasta muy espesa de fácil desecacion, pero muy difícil de remover: en este caso, para que la mezcla sea homogénea y la descomposicion completa, puede amasarse en molinos de muelas verticales de piedra inatacable por el ácido, ó bien pasándola por entre cilindros de la misma piedra ó de cualquiera otra materia, con tal que estén revestidos de plancha de plomo.

La masa homogénea se deja algun tiempo en reposo, completando despues su desecacion á un calor suave, en hornos de reverbero, semejantes á los que sirven para desecar la sosa y la potasa. Finalmente, la materia se reduce á polvo rápidamente en los molinos.

De la buena disposicion de estos medios mecánicos y del exacto conocimiento de la composicion de la materia primera, depende el que todo fosfato se encuentre atacado y todo el ácido sulfúrico neutralizado. Es muy comun, sin embargo, encontrar en los superfosfatos ingleses pequeñas porciones de fosfato insoluble, y otras veces pequeñas cantidades de ácido sulfúrico y fosfórico al estado de libertad (véanse los documentos al fin de la Memoria): lo primero procede de falta de ácido, y lo segundo de un esceso del mismo.

Algunos fabricantes neutralizan este exceso de ácido con carbon animal, polvo de hueso, cal, cenizas de madera ó de hulla. Creemos muy conveniente esta neutralizacion, sobre todo si para ello se emplean ma-

terias que contengan algun principio azoado, á fin de que el abono esté en todas las mejores condiciones. El carbon animal mezclado con sangre procedente de las refinaciones de azucar, seria la materia indicada para este objeto; pero á falta de este agente, el estiercol en fermentacion, que da una cantidad considerable de carbonato amónico, será escelente para dicho uso.

Así pues, supongamos que en un cortijo ó hacienda, la cantidad de estiercol que se produce, es de mucho insuficiente para abonar la extension debida de terreno. En este caso dispóngase el estercolero de modo, que cuando el estiercol está ya en fermentacion, pueda mezclarse con una gran cantidad de superfosfato. *Por este medio se logra fijar el amoniaco del estiercol, neutralizar el ácido libre del superfosfato (en caso de que exista), y finalmente poner al fosfato en todas las mejores condiciones de asimilacion, produciendo por tanto un excelente abono.*

Los ingleses fabrican tambien un abono al cual dan el nombre de *nitrofosfato de cal.* Esta materia se obtiene atacando los fosfatos minerales ó los de los huesos, con ácido nítrico del comercio; el fosfato de cal, el carbonato de cal y de magnesia, así como el fluoruro ó cloruro de calcio, en el caso de la apatita y de la fosforita, son atacados en frio, formando sales solubles, y por consiguiente se consigue una completa homogeneidad en la masa. Este abono, presentando á las plantas, al mismo tiempo que los fosfatos disueltos, una cantidad de nitratos de cal y de magnesia solubles, está en buenas condiciones de asimilacion. Tiene, sin embargo, el inconveniente de que su precio es siempre algo elevado, tanto á causa del valor del ácido nítrico, como por la mayor cantidad de combustible que se necesita para su completa desecacion. (Véanse los ensayos comparativos al final de la Memoria.)

En los mercados ingleses se encuentra el superfosfato al precio de 5 libras esterlinas y 10 chelines á 6 libras la tonelada, y el nitrofosfato á 6 libras 10 chelines.

Los ingleses aplican el nitrofosfato á ciertos cultivos especiales, entre ellos al de los nabos.

Productos artificiales. Compréndense en esta clase los huesos calcinados, las cenizas y otras materias.

Es indudable que el fosfato de cal de los huesos está en las mejores circunstancias para ser asimilado por los vejetales. Interpuesto entre un tejido orgánico se presenta bajo un estado de division que lo hace fácilmente atacable por los ácidos. Este estado de division subsiste cuando por efecto de la calcinacion se destruye toda la materia orgánica, quedando solamente la parte mineral, conservando la forma primitiva, pero presentándose sumamente ligero y poroso.

Los huesos calcinados circulan en los mercados ingleses á 5 libras esterlinas la tonelada por término medio para el uso de la agricultura. Otras veces son convertidos en superfosfato de cal en las mismas fábricas donde se sujeta el fosfato mineral á igual tratamiento, dando gran estima á las diferentes preparaciones conocidas con el nombre general de *dissolved bones*, que no son más que mezclas de huesos calcinados y ácidos minerales; cuyas mezclas presentan el fosfato de cal en parte disuelto y parte sin disolver.

Los huesos calcinados, lo mismo que el superfosfato que se obtiene con ellos, podrán ser un abono más rico en fosfatos que el obtenido por medio de los fosfatos minerales; pero si se atiende á que el estado á que se reduce por el tratamiento con los ácidos es igual para ambos; que los abonos se pagan con relacion á la cantidad real de fosfatos que contienen, y que ni uno ni otro dispensan del uso de los abonos nitrogenados, (véase pág. 34), veremos qué poca ventaja presentan los abonos obtenidos con los huesos calcinados sobre los obtenidos con fosfatos minerales.

Tambien se preparan de la misma manera los huesos crudos que contienen toda la parte de materia animal. Por 90 kilógramos de huesos pulverizados por medio de cilindros de hierro formados de discos dentados se emplean 15 kilógramos de agua, y despues de una maceracion de 24 horas se mezclan en una cuba con 25 á 30 kilógramos de ácido sulfúrico concentrado. Se deja que se desagreguen durante 4 ó 5 dias, y despues se deslien en agua y se emplean para irrigaciones; ó bien se añaden 40 kilógramos de carbon animal, el cual absorbe el esceso de líquido y de ácido, produciendo una mezcla que se puede esparcir en polvo. Dicha cantidad en forma sólida ó líquida, basta para 1 acre

de tierra ó sea 0,404 dehectárea, lo cual representa 222 kilógramos 7, de hueso por hectárea.

La agricultura usa muchas veces cenizas como abonos; y ciertamente cuando se aplican debidamente, es un método muy lógico, puesto que en las cenizas de un vegetal existen todas las sales que este habia robado al terreno. Las cenizas contienen sales solubles y sales insolubles; pero las insolubles están en un estado de division tal, que son atacadas fácilmente por los ácidos débiles y todos los agentes de disolucion, orgánicos é inorgánicos, que juntos actúan en el suelo.

¿Cabe nada más económico ni lógico, que el aprovechamiento del bagazo de la caña de azucar en un ingenio para el calentamiento, y el uso de las cenizas de aquel, para abonar las mismas plantaciones de caña?

Lo mismo diremos de las cenizas del orujo de la aceituna, despues que en los molinos se ha utilizado aquel como combustible para calentar el agua que se echa sobre la aceituna molida en el acto de prensarla.

Muchas veces se utilizan las cenizas lexiviadas procedentes sea como resíduo de la economía doméstica, sea de las jabonerías y fábricas de sal de sosa. Estas cenizas contienen poca ó ninguna cantidad de sales solubles, y su accion no será tan enérgica como la de las cenizas sin lexiviar; sin embargo, no por esto dejan de contener grandes cantidades de fosfatos y otras sales térreas, de fácil asimilacion en presencia de resíduos orgánicos.

En la quema de los rastrojos que se practica en la labor en grande, el objeto es destruir la parte orgánica de los mismos, la cual en ciertos paises secos tardaria en entrar en descomposicion, mientras que una vez quemada, los resíduos fijos de su combustion se presentan á la nueva semilla en las mejores condiciones; pudiendo admitir con Malagutti que todos los principios constitutivos de las cenizas son atacados por el agua saturada de ácido carbónico. Es verdad, sin embargo, que la quema del rastrojo tiene tambien por objeto modificar la superficie de la tierra, la cual por medio de esta lijera tostacion se desagrega, y de compacta que era, á causa de su naturaleza arcillosa, pasa á porosa y permeable á los agentes exteriores.

La quema ó tostacion del terreno, se verifica en algunos puntos de

España, especialmente en Cataluña y Valencia, formando pequeños montones de rama seca sobre el terreno, y cubriendo el monton con tierra, se pega fuego á esta especie de hornilla, y despues que se ha quemado la materia vegetal (que se trajo de otra parte, á más de las malas yerbas del mismo terreno) se esparce esta tierra carbonizada y mezclada con cenizas sobre el terreno. Esta operacion recibe en Francia el nombre de *ecobuage*. En ciertos puntos, por ejemplo en la provincia de Tarragona, las plantaciones de cañas que se hacen en las orillas de los rios y arroyos en terrenos fecundizados por las inundaciones ó avenidas de aquellos, forman un objeto de especulacion. Los propietarios de estos cañaverales venden todos los años grandes cantidades de haces para quemarlos sobre los campos. De este modo una parte de los fosfatos y sales térreas contenidas en el limo, las cuales trasportadas por las aguas irian á parar al mar, vuelven otra vez á los campos y pasan al organismo vegetal. Por medio de esta ligera tostacion las tierras arcillosas, que antes eran impermeables á los agentes atmosféricos y que solo podrian dar alguna que otra planta silvestre, se cubren de una capa permeable al aire y á la humedad; conteniendo porcion de principios minerales al estado asimilable, así como tambien algunos principios azoados procedentes de la combustion incompleta de las materias vegetales en el interior del monton. (Malagutti.) Además, las tierras quedan por este medio libres de todo gérmen de malas yerbas y de insectos, pudiendo producir cereales y otras plantas sin intervencion de otro abono.

Se ha tratado tambien de utilizar las escorias procedentes de los altos hornos y de las fraguas, cuyas escorias, siendo silicatos básicos con porciones de ácido fosfórico, que varian desde ligeros indicios hasta un 7 por 100 y aún más, son fácilmente descompuestas por los ácidos débiles. Para esto se aconseja mezclar las escorias reducidas á polvo con las materias fecales ó con los estiércoles, esparciéndolas todos los dias en cortas porciones sobre la cama de los animales; los excrementos líquidos serán absorbidos por la materia pulverulenta, fijándose de este modo los principios azoados con la menor pérdida posible.

Bajo el punto de vista económico, la pequeña cantidad de ácido fos-

fórico contenido en las escorias, no dará un aumento de producto que pueda compensar los gastos de pulverizacion de las escorias y preparacion del abono.

Finalmente, la agricultura aprovecha como abono los restos de conchas, mariscos y otros productos que el mar arroja sobre las playas; el fango que se saca con las dragas en las desembocaduras de los rios, y tambien el mismo limo ó cieno que dejan aquellos al desbordarse, estendiéndose sobre las vegas y fertilizándolas con despojos vegetales y animales que son arrastrados por las mismas aguas.

Todas estas materias más ó ménos ricas en fosfatos, se aprovechan en los puntos en que se tienen á mano, ó las presenta la naturaleza; pero no constituyen nunca abonos comerciales de uso general, por cuyo motivo no entraremos en detalles acerca de su aprovechamiento.

TERCERA PARTE.

Procedimientos para utilizar los fosfatos térreos en la produccion de cereales en la Península.

Despues de cuanto llevamos expuesto, seremos breves y concisos respecto de la segunda parte de la cuestion propuesta por la Academia, recorriendo ligeramente los párrafos de la segunda parte de esta Memoria para ver la aplicacion que pueden tener en nuestro pais cada una de las materias fosfatadas de que hablamos.

Estiercol.—Indicamos ya en la página 41 de qué manera, por medio del ganado, se devuelven á la tierra la mayor parte de las sales contenidas en los vegetales que han servido para su alimentacion; y dijimos tambien que si el ganado no recibe otro alimento que el que produce la misma tierra que se trata de abonar, lejos de aumentar en esta la cantidad de fosfatos, disminuirá por causa de la leche, el queso, la lana y otros productos que habrán pasado al comercio, además de las reses que tal vez hayan ido al matadero.

Tanto sobre este punto, como sobre la manera de producir y aprovechar los estiércoles, únicamente los conocimientos científicos son los que podrán guiar á los labradores para reponer debidamente en la tierra la cantidad de elementos minerales que las cosechas y los ganados le robaron.

En la labor en grande, sobre todo en los extensos cortijos de Andalucía, no pueden disponer de suficiente cantidad de estiércoles para los ce-

reales, por cuya razon abonan solamente la tierra que se siembra de habas.

Las tierras se llevan á *tres hojas*, sembrándose cada tres años de trigo sobre *barbecho de reja*, es decir, sin abonos (véase pág. 42); por este medio solo se produce de 7 á 15 por 1 en terrenos cuya feracidad es proverbial (1); mientras que se recoje 20 y aun más por 1, tanto en Andalucía como en Castilla, cuando se abonan las tierras turnando en pedazos segun alcanzan los abonos, hasta que toda la tierra haya recibido su parte, lo cual tarda más ó ménos años segun la cantidad de abonos que se producen: regularmente este período es de 5 años, durante los cuales cada trozo ha dado tres cosechas. Como se ve, por este método se trabaja una quinta parte más de terreno que por el sistema de *año y vez*, segun el cual la tierra se siembra un año y se barbecha otro.

La tierra que está en barbecho se siembra en algunos sitios de habas, garbanzos, muelas y otras semillas. Se necesitan conocimientos científicos muy exactos para determinar la clase de semillas que conviene á los barbechos, á fin de que el producto de la planta recogida en estos no sea en perjuicio de los cereales que se siembren despues; es decir, que aquellos no estraigan de la tierra fosfatos térreos y otros elementos minerales que necesitan los cereales.

---

(1) Los ingleses, que no escasean ni los gastos de mano de obra ni los de abonos y estiércoles, han llegado á producir hasta 50 hectólitros de trigo por hectárea, lo cual equivale á 58 fanegas de trigo por fanega de tierra; pero el término medio de la produccion general es 38 hectólitros ó sea 41 fanegas de trigo por fanega de tierra. Cuando se compara esa produccion con la que en España se obtiene, cuyo término medio será 8 fanegas de trigo por fanega de tierra en la mejor zona del mundo, no puede ménos de decirse que nuestra agricultura necesita aumentar las fuerzas artificiales de la produccion, y emplearlas en superficies más pequeñas, para de ese modo cultivar mejor, obtener más producto bruto, mayores masas de materias alimenticias y más baratas que las que hoy resultan del afan de distribuir pocas fuerzas en grandes estensiones de terreno. (*Hidalgo Tablada.*)

El párrafo anterior hace relacion especialmente á las grandes labores de Andalucía.

Esto nos conduce á la teoría de la alternativa de las cosechas. Es un hecho conocido desde muy antiguo, que la tierra deja de producir buenas cosechas, cuando en ella se cultiva con persistencia la misma planta. La tierra que siempre se cultiva de cereales, deja al fin de producirlos ó los produce en cantidad insuficiente; pero si se alterna con el cultivo de ciertas plantas, no hay necesidad que la tierra descanse, y puede producir diversas cosechas sucesivas. Siendo distinta la relacion de los principios minerales contenidos en las plantas, cada una debe extraer de la tierra el principio más adecuado para su desarrollo, reduciendo así la cantidad que en estado libre existe sobre el terreno.

Poco diremos acerca de las diversas teorías que se han dado para explicar la accion de la alternativa de las cosechas; y si bien la forma de las raices, segun sean perpendiculares ó fibrosas y sub-horizontales, puede influir, segun Rozier, en el buen éxito de dicha alternativa, nos concretaremos á establecer que la regla que debe presidir en esta, estriba en comprobar la relacion existente entre los principios que las cosechas extraen de la tierra, y los que por medio de los abonos se le devuelven.

Sabida es la division que se hace de las plantas en esquilmantes y fertilizantes. Estas últimas, al desarrollarse, extraen de la atmósfera mayor cantidad de principios orgánicos que las otras. En cuanto á los principios inorgánicos que directamente suministra la tierra, se comprende desde luego que los vegetales en cuyas cenizas predomine la cal, no podrán cultivarse contínuamente si no se da lugar á que pase aquella durante el barbecho al estado asimilable, ó si no se repone por medio de abonos. Una vez consumido el principio calizo asimilable, puede quedar predominando el alcalino, el fosfatado ó el silíceo, y en tal caso vendrá perfectamente el cultivo de aquellas plantas en que preponderen dichos principios.

El éxito de la alternativa depende, pues, de la diversa composicion química de las plantas, y de las diferentes exigencias de su nutricion; siendo indispensable tener exacto conocimiento de la composicion química del terreno, y de las cenizas de los vegetales que se van á sembrar. (Véanse las analisis al fin de la Memoria.)

La alternativa de cosechas puede hacer más productiva la tierra; pero tarde ó temprano es preciso reparar el agotamiento de ciertos principios, y sostener la fertilidad del terreno por medio de abonos. El labrador guiado por los conocimientos científicos, procurará producir la mayor cantidad posible de abonos, no desperdiciando ningun producto que pueda ser de utilidad para la tierra; disponiendo y aplicando los estiércoles de manera que produzcan el máximum de efecto útil, y teniendo en cuenta la cantidad en metálico que prudentemente puede invertir en la compra de estiércoles y otros abonos procedentes de distintas tierras que las suyas.

Los labradores de las cercanías de algunas poblaciones de España recojen y aprovechan la basura, barreduras y demás desperdicios procedentes de los grandes centros de poblaciones; si bien es verdad que la cantidad de dichas materias, ricas en despojos vegetales y animales, que puede recogerse, se dedica más bien para el abono de las huertas y para el cultivo en pequeño, que para la produccion de cereales en grande escala.

De todos modos, en los bandos de buen gobierno de las corporaciones municipales, debe facilitarse el recoger dichos desperdicios de la poblacion para que puedan aplicarse á poco coste para abonar las tierras.

Materias fecales.—La observacion que hemos hecho antes, debe aplicarse tambien á la extraccion de las materias excrementicias de los pozos negros, adoptándose en las grandes poblaciones cuantas medidas faciliten la extraccion y aprovechamiento de dichas materias.

Sin embargo de que la crisis profetizada por Liebig (véase pág. 44) está todavía muy remota, la sana lógica aconseja no desperdiciar materia alguna que pueda devolver al campo los fosfatos y demás sales térreas que se han asimilado los vegetales. Así pues es conveniente fomentar por cuantos medios sea posible la utilizacion de dichas materias en los puntos en donde su uso no es bien conocído; impidiendo por el contrario todo monopolio en los puntos en donde los campesinos buscan dichas materias con ahinco, y saben sacar partido de ellas.

Cuando las materias excrementicias no se aprovechan en el mismo punto en que se producen, es conveniente convertirlas en *femta* ó *poudrette.* (Véase pág. 45.) Cualquiera que sea el método que se siga para la fabricacion de este abono, es indudable que contiene siempre la cantidad total de fosfatos térreos que constituyen el resíduo de nuestra alimentacion, cuyos fosfatos se encuentran en buenas condiciones para ser asimilados. La fabricacion de este abono se puede plantear sin grandes desembolsos en todas las grandes poblaciones de España; y si bien es verdad que sería más lógico emplear las materias excrementicias tales cuales se extraen de los pozos negros segun la práctica usada en Cataluña, tambien lo es que en este estado no pueden usarse más que á poca distancia del punto de su produccion, no constituyendo un abono comercial de fácil empleo en el cultivo en grande, como la *femta*, la cual, estando bien preparada, no es posible que tenga el inconveniente que algunos atribuyen á los líquidos excrementicios, cual es, el comunicar mal olor á las plantas.

Los impugnadores del uso de los abonos excrementicios dicen que estas materias no influyen más que en una sola cosecha, y que muchas veces deja de sentirse su influencia antes que el vegetal haya llegado á su completo desarrollo. La química tiene medios para atenuar, si no remediar, este inconveniente, agregando á las materias excrementicias sustancias que fijen y retengan las sales amoniacales, y deteniendo por consiguiente la descomposicion de la materia orgánica que durante la primera época de la vegetacion produciria un desarrollo demasiado rápido en el vegetal, dando productos que al principio presentan buen aspecto en perjuicio de los órganos que han de desarrollarse en la última época de su vegetacion.

Los valencianos hacen hoy dia un uso constante de la *femta*, pagándola á 14 reales quintal y aún más: despues de mezclada con cierta porcion de tierra, la echan á volco sobre el suelo, despues de la sementera, pasando inmediatamente la grada. Para los arrozales, la esparcen sobre el agua despues de la última reja, siendo indispensable en este caso dejar el agua estancada hasta que el abono se empape y se precipite al fondo. La *femta* llamada de invierno es preferible á la de verano, por

causa de la gran cantidad de semillas de frutas que contiene esta última, las cuales crian malas yerbas.

Guano.—Conocida su naturaleza, los efectos que produce y la manera de moderar hasta cierto punto su influencia damasiado pronta sobre los vegetales (véase pág. 45), solo nos resta decir cuatro palabras acerca de su procedencia.

Las primeras extracciones de guano de las islas Chinchas, en 1841, vinieron á apaciguar algun tanto el ánimo de los que preveyendo el dia en que los fosfatos desaparecerian de la superficie de la tierra, creian que podría llegar á ser imposible de todo punto la existencia de los séres organizados sobre el globo. A pesar de esto, Liebig, en su célebre carta citada en la pág. 44, considerando como único punto de exportacion del guano la América del Sur, teme que si el consumo de dicha materia va aumentando en lo sucesivo con tanta rapidez como hasta aquí, dentro de 20 á 25 años la América del Sur no tendrá guano suficiente para cargar un buque.

Las islas del guano del mar Pacífico llamadas de Chincha y de Lobos, fueron examinadas por B. H. Wilson, cónsul inglés en el Perú; deduciéndose de este exámen que la principal de Chincha contenia 17 millones de toneladas, y 20 ó 25 millones las de todo el grupo de ellas. Los depósitos de las islas de Lobos, si bien no tan abundantes como los del grupo de Chincha, no dejan de ser considerables.

Se han encontrado, además, depósitos de guano en otros varios puntos del globo, como en Chilé, en la Patagónia, en la bahía de Saldanha, en algunos islotes de la costa de Africa, y en la California, de donde lo importan en gran cantidad los ingleses, presentándolo al comercio con una ley de 50 á 60 por 100 de fosfato de cal.

A fin de proveernos en la península de esta preciosa sustancia, y para que lejos de escasear en nuestros mercados se presente por el contrario barata y abundante, es de suma importancia suscitar la cuestion de pertenencia de las referidas islas.

Los primitivos habitantes del Perú usaban ya el guano; y no ha dejado de usarse nunca en aquellas comarcas. El Gobierno de dicha república, apoderándose de aquel tesoro descubierto por D. Jorge Juan y

D. Antonio Ulloa, ejerce un monopolio sobre dicha materia, haciendo pagar una cantidad exhorbitante por cada tonelada que se extrae.

La legitimidad del dominio que el Perú ejerce sobre las islas de Chincha y de Lobos es muy cuestionable, habiendo poderosas razones para creer que jamás han dejado de pertenecer á España. Hé aquí un extracto de un interesante artículo que acerca de este particular vió la luz pública en «La España,» periódico de esta Corte.

«¿En qué puede fundar el Perú la legitimidad de su dominio en los grupos de Chincha y Lobos? ¿Acaso en las leyes de la conquista? Pero es el caso que jamás se disparó en esas islas un solo tiro, ni hubo nunca habitantes; por consiguiente mal pudieron sublevarse. ¿En una venta? Pero como nosotros somos los verdaderos propietarios, y no nos las han comprado, claro que no descansa en esto su dominio. ¿Se los habrá, por ventura, legado algun arreglo diplomático? Tampoco, porque los dos únicos que con aquel pais hemos intentado, han venido á tierra; y porque aun cuando otro lo hubiese estipulado con la república peruana, seria nulo, pues nadie tiene derecho á disponer de una cosa sin consentimiento de su dueño.

»Y fuera de este terreno legal, ¿cómo puede pretender esa república, careciendo de poderío naval y de marina mercante, el dominio de unas islas que, como la más Afuera de Lobos, distan cincuenta millas de la tierra peruana?

»El único fundamento del disfrute, ó más bien explotacion de hecho de esas islas, no es otro que el haber olvidado España, por causa de las guerras y revueltas por que ha pasado en lo que va de siglo, que era dueña de un tesoro cobijado en varios peñascos que baña el Pacífico. Mas, así como las pasadas calamidades le produjeron ese olvido, el estado de bienandanza en que comienza á verse, debe inducirla á plantar en aquellos sitios, jamás ganados á España, su bandera; pues obrando de este modo, no haria otra cosa que ocupar lo que es suyo, y por consiguiente no podria sobrevenirle dificultad alguna por parte de las otras naciones marítimas.

»Téngase presente que el derecho de los paises no caduca por sí al cabo de cierto número de años, como el de los indivíduos en particu-

lar; y que esas mismas naciones, lo mismo que el resto de Europa y América, nos agradecerian que tomásemos posesion de las mencionadas islas, pues liberalízariamos en los términos dichos la estraccion del guano, y todos podrian usarlo á precio muy arreglado.»

Además de este depósito podríamos surtirnos de guano barato y en abundancia: indicaremos los depósitos que existen en los Cayos de los Jardinillos en nuestra isla de Cuba. El brillante informe que D. Alvaro Reynoso presentó en setiembre de 1858 al Capitan General de aquella isla, dió á conocer que España tenia en sus dominios un tesoro como el del Perú, y tal vez mejor. En efecto, el guano de los Cayos del Sur, comparado con el guano del Perú, es superior respecto de los efectos que puede producir el fosfato: el primero contiene hasta 62 por 100 de dichas sales, mientras que el del Perú encierra solo por término medio un 24 por 100: las materias orgánicas y sales amoniacales guardan, por el contrario, una relacion inversa, conteniendo el guano del Perú hasta un 50 por 100, mientras que el de los Cayos solo contiene un 10 por 100. Si bien es cierto, dice Reynoso, que el guano fosfatado de los Cayos, usado solo, no producirá el primer año un aumento de cosecha tan considerable como el que se notaria empleando el guano del Perú, no es ménos cierto que el aumento se reproducirá por más tiempo. sin ocasionar la esterilizacion del terreno tan inmediatamente como lo haria aquel. Además, como el elemento útil del guano fosfatado es fijo, y bajo cierto punto de vista insoluble en el agua, está por lo mismo destinado á permanecer más tiempo en el terreno, y á ser asimilado muy paulatinamente por el vegetal.

Convendria, pues, que el Gobierno mirase la cuestion de importacion del guano á la Península con el interés que se merece, á fin de que, generalizándose el uso de esta materia conforme á las buenas reglas prescritas para impedir que las tierras se esquilmen. aumente la fertilidad de las nuestras con guano procedente de posesiones españolas.

Huesos.—En España, lo mismo que en las demás naciones, hay en agricultura prácticas inveteradas que se siguen empíricamente; siendo muy dificil de lograr el que los labradores, faltos muchas veces de conocimientos científicos, adopten las prácticas modernas, por no com-

prender la importancia de las innovaciones que se introducen. Así es que mientras la Inglaterra recibe cargamentos de huesos de todas partes del mundo, otras naciones los exportan como materia inútil. Entre estas últimas naciones debemos contar desgraciadamente la España.

Segun el anuncio estadístico de 1859 á 1860, en 1858 se exportaron por las aduanas del reino 141.996 arrobas de hueso, dato que, aunque oficial, nos parece defectuoso, puesto que podríamos citar una capital de provincia que por sí sola exporta anualmente 10.000 quintales por término medio.

Todos los huesos que salen de España van para el puerto de Hull, en Inglaterra, desde donde se reparten á los diferentes puntos de la isla.

No se comprende cómo el Gobierno español no ha puesto coto á este comercio, sobre todo despues de las reclamaciones que hubo por parte de los valencianos, interesados en la adquisicion de abonos baratos.

No es necesario que volvamos á poner en evidencia los desastres que puede ocasionar en un pais productor de cereales, como España, que exporta todos los huesos que produce. Agréguese á esto que la cantidad no es insignificante, y que los ingleses los pagan bien para despertar la codicia de los vendedores. Así una tonelada de huesos desde uno de los puertos del Mediodía de España al puerto de Hull en Inglaterra, cuesta de flete de 25 á 30 chelines, y despues de estos y otros gastos quedan libres para el exportador de 15 á 20 rs. por quintal.

Creemos, pues, conforme á las teorías admitidas hoy dia, que en ningun pais culto y que desee que progrese su agricultura, debe permitirse, bajo ningun concepto, la extraccion de huesos, materia que consideramos como el abono fosfatado por excelencia.

Se nos dirá, que prohibir la extraccion de huesos no es obligar á los labradores á emplearlos: recordaremos, sin embargo, algunos hechos que, si no destruyen completamente dicha objecion, por lo ménos atenúan en gran parte su fuerza.

Sucede á menudo que los resíduos de muchas industrias y otras materias, al parecer inútiles, se van acumulando en determinados puntos formando masas enormes. Llega un dia en que esta cantidad de

materia despierta la codicia de algun especulador, el cual, dándole otra forma, establece con dicha materia una nueva industria, ocupando cierto número de brazos, y dando valor y aplicacion á lo que antes constituia un resíduo inútil y embarazoso.

En Madrid, por ejemplo, hasta el año de 1853 ó 54 todos los caballos muertos se depositaban en unas hoyas distantes de la poblacion. En estos focos de inmundicia se establecieron unos pobres jornaleros, los cuales, despues de desollar los caballos para aprovechar la piel, los descuartizaban y los hacian hervir en unas mal dispuestas calderas, por cuyo medio extraian la grasa, sirviéndose de los mismos huesos como combustible. La carne cocida servia de pasto á las aves de rapiña, ó era devorada por los perros: los huesos medio quemados se despreciaban. No faltó quien conociera que podria sacarse mayor producto de estos desechos animales, que pronto fueron la base sobre la cual se instaló en Chamberí una fábrica de un abono, el cual se llamó *guano artificial.*

Si examinamos el orígen de la fábrica de negro de huesos, sales amoniacales y abonos que existia hace pocos años en los alrededores de Barcelona, veremos que en un principio no tuvo más objeto que el aprovechar los huesos de los animales que se depositaban en un punto determinado.

En Sevilla sucedió otro tanto que en Madrid. El aprovechamiento de la inmensa cantidad de huesos acumulada en algunos puntos, dió orígen á una fábrica de abonos artificiales bien conocidos hoy dia entre los valencianos.

En Valladolid y en otras poblaciones de España encontraríamos ejemplos iguales, que nos manifestarian que nuestro pais no está tan atrasado, ni es tanta la desidia de los españoles que deje perderse una sustancia que tan útil es para la agricultura. Pero, cuando el comerciante exportando los huesos tiene una ganancia segura en un negocio que se reduce á una simple operacion aritmética, el industrial no aventura tan fácilmente tiempo y capitales en instalar una fabricacion por reducida que sea, y el labrador no encuentra dicha materia primera.

Prohíbase la exportacion de los huesos, y bien pronto se presentarán industriales que los aprovecharán; y los buques que ahora vienen en

lastre de algunos puntos de Ultramar, nos traerán los huesos que ahora venden á los ingleses.

En cuanto á la manera de usar este abono en la agricultura, el medio mejor seria emplearlo al estado de disolucion *(disolved bones)*. (Véase pág. 60.) Liebig, en su tratado de química orgánica, recomienda ya las irrigaciones con los líquidos procedentes de las fábricas de gelatina de hueso, los cuales no son más que una disolucion de las sales térreas de los huesos en el ácido clorhídrico.

Los ingleses preparan superfosfatos y nitrofosfatos, tanto con huesos crudos como calcinados.

Los huesos crudos reducidos á polvo en máquinas á propósito, constituyen por sí solos un excelente abono fosfatado. En sus compras los prefieren enteros ó en suerte más bien que pulverizados, para evitar los fraudes, reduciéndolos despues á polvo fino ó simplemente á fragmentos menudos *(half inch)*, en cuyo estado los estienden en los campos (1).

Resíduos de algunas industrias, y abonos artificiales. Los huesos crudos y pulverizados forman la base de muchos abonos comerciales. La asimilacion del fosfato se acelera mezclando con los huesos carne seca y pulverizada, sangre, materias fecales y otros desechos animales azoados, conforme á lo que dijimos en la pág. 47.

La fabricacion de esta clase de abonos debe estimularse en lo posible por el Gobierno, impidiendo la extraccion de huesos y otras materias primeras; y tambien por las ordenanzas municipales, permitiendo en las grandes poblaciones utilizarse de sus desperdicios, y evitando bajo todos conceptos el monopolio.

En cuanto á los resíduos de algunas industrias, despues de cuanto llevamos expuesto, únicamente insistiremos en el uso del carbon animal

(1) En el mercado de Londres tienen los siguientes precios:

Huesos enteros................	libs. esterlinas	5 á 5, 10 sh. tonelada.
Id. quebrantados (*crusch*)......	id.	6,5 sh.
Id. disueltos (*disolved bones*).....	id.	6,10 sh.
Carbon animal (70 °/₀ de fosfato).	id.	4,10 sh. á 5
Huesos calcinados............	id.	5

resíduo de las refinaciones, que aun cuando en España su uso es casi desconocido, debe, sin embargo, evitarse tambien su salida.

En la Bretaña el comercio del carbon de hueso, resíduo de las refinaciones, da todos los años orígen á un movimiento de muchos millones. En Nantes, en donde está establecido el mercado, desde 1843 á 1852 entraron 164.950.674 kilógramos, tanto del mismo pais como del extranjero.

El efecto útil que produce el carbon de refinacion en los abonos de que forma parte, se debe al fosfato que contiene; siendo muchas veces insignificante la cantidad de azoe que encierra. Por cuyo motivo la mejor manera de usar esta matéria, consiste en mezclarla con materias excrementicias, cuya desecacion acelera, al propio tiempo que las desinfecta.

El valor del carbon de hueso, lo mismo que el de los abonos artificiales, cuya composicion es variable, depende de la cantidad de fosfato y de nitrógeno que contiene.

En Francia se pagan los abonos artificiales á razon de 15 francos por cada 100 kilógramos de fosfatos que contengan, y 2 francos 70 céntimos por cada kilógramo de nitrógeno. Los agrónomos ingleses creen que el labrador no debe pagar más que á razon de 23 céntimos el kilógramo de fosfato, y solamente 1 franco y 25 céntimos el kilógramo de nitrógeno. No es fácil determinar desde luego con exactitud el precio á que nuestros labradores podrian pagar el nitrógeno y los fosfatos de los abonos, pues esto depende de circunstancias locales que en la actualidad seria aventurado apreciar.

Convendria de todos modos que el Gobierno, ó las municipalidades de aquellos puntos de la Península en donde se hace más consumo de abonos comerciales, establecieran un perito químico ó inspector de abonos, á semejanza de los que existen en varios departamentos de Francia, con el objeto de determinar el verdadero valor de los abonos comerciales que se expenden á los labradores.

Abonos minerales.

Vista ya la influencia que puede tener sobre la vegetacion la pequeña cantidad de fosfatos que accidentalmente acompañan á la cal y á las margas que se usan para *mejorar* ciertos terrenos (véase págs. 49 y 50), así como tambien los que forman parte de las cenizas, escorias y otros productos que en determinadas circunstancias se aprovechan como abonos (véase págs. 60 y 65), pasaremos á tratar del uso que en la Península podemos hacer de los fosfatos minerales.

Prescindiendo de la pequeña cantidad de fosfato que en algunos puntos de España se encuentra al estado de apatito (véase pág. 20), y no habiéndose hecho, que sepamos á lo ménos, trabajo alguno para descubrir depósitos de fosfato fosil, nódulos ó coprolitos, veamos si es posible utilizar de una manera económica la fosforita de Logrosan para la produccion de cereales en la Península.

La composicion de este mineral, segun varios análisis que hemos practicado, es por término medio la siguiente:

Fosfato de cal	80,09
Fluoruro de cálcio	14,06
Oxido férrico	3,15
Acido silícico	2,64
Magnesia y pérdidas	0,06
	100,00

Es muy cierto que atendida la naturaleza puramente mineral de la fosforita de Logrosan, no puede aplicarse directamente á la agricultura, y que solo al estado de superfosfato ó de nitrofosfato puede utilizarse con ventaja. Demostrada hoy teórica y prácticamente la influencia que tiene en este estado sobre los vegetales, únicamente hay que tratar de

la parte económica. Hemos dicho en la pág. 51, que los ingleses exportan para su pais grandes cantidades de fosforita de Extremadura, la cual pagan en Inglaterra á 5 libras esterlinas la tonelada, precio al cual únicamente tiene cuenta tomándola en Ayamonte ó en Sanlúcar de Guadiana, y conduciéndola como lastre.

Situado el criadero de Logrosan en un punto en donde no hay más que caminos de herradura, es preciso trasportar el mineral á lomo hasta Trujillo, poblacion distante seis leguas de Logrosan, pudiendo ir desde dicho punto por la carretera real á Badajoz. En el caso de querer establecer depósito ó fábrica para preparar esta materia en algun punto de Andalucía, seria preciso llevar el mineral á lomo hasta Mérida, desde cuyo punto podria ir por la carretera hasta Sevilla.

A la dificultad de los medios de comunicacion y trasporte de la fosforita, hay que agregar los gastos indispensables para trasformarla en superfosfato; cuales son, el valor del ácido sulfúrico, mucho mayor que el que tiene en Inglaterra, el cual, junto con el gasto de mano de obra y el interés del capital invertido en la fabricacion, vendria á dar al abono preparado un valor que lo haria inútil para nuestros labradores.

No seria así si hubiera otros medios más baratos de comunicacion y trasporte, y si además en algun punto de la provincia de Huelva, inmediato á Ayamonte, se estableciera la fabricacion del ácido sulfúrico, empleando como materia primera las piritas cobrizas, tan abundantes en dicha provincia, y que en tan gran cantidad se exportan anualmente para Inglaterra, en donde aprovechan el azufre que contienen para la fabricacion de dicho ácido. Esto, que daria á la agricultura una gran cantidad de abono fosfatado al mismo precio á que les resulta á los ingleses el superfosfato, tendria para el pais la doble ventaja de emplear cierto número de brazos, é impedir la exportacion de una cantidad de mineral. La fabricacion del superfosfato seria sumamente barata, no solamente por la abundancia de las primeras materias, sí que tambien por la circunstancia de poder emplear el ácido sulfúrico tal como sale de las cámaras de plomo, ó por lo ménos despues de concentrado hasta 60° en calderas de plomo. El resíduo de la combustion de las pi-

ritas se aprovecharia para la extraccion del cobre, sea exportándole á Inglaterra, para lo cual presentaria la ventaja de haber aumentado de ley y disminuido en peso, sea beneficiándolo por cementacion, lo cual seria fácil por hallarse dicho resíduo en las mejores condiciones para sulfatarse prontamente.

No dudamos que tarde ó temprano se realizará este proyecto, para lo cual contribuirá tal vez la fábrica de productos químicos que está estableciendo Mr. Piquet en Gibraleon, en la cual se trata de obtener el ácido sulfúrico por medio de las piritas cobrizas, y aplicarlo á la obtencion de la sosa artificial y de otros productos.

Dado este primer paso, lo demás depende de la facilidad y baratura en los medios de comunicacion y trasportes: sin esto nada puede hacerse. Hoy dia un quintal de fosforita trasladado desde Logrosan á los centros de produccion de Estremadura ó de Andalucía resulta á un precio muy subido, pues los únicos medios de trasporte son las pesadas galeras que van desde Badajoz á Madrid ó á Sevilla.

Al precio á que hoy resulta este mineral puesto en el embarcadero, es todavía solicitado por los ingleses, que no escasean gasto alguno para procurarse abonos fosfatados (1).

Si algun dia la fosforita de Logrosan puede adquirirse barata en los puntos en donde haya fabricacion de ácido sulfúrico, y hay comunica-

---

(1) Es preciso tener en cuenta lo que dijimos en la nota de la pág. 56, relativamente á lo que los ingleses hacen producir por término medio á una hectárea de terreno.

Contínuamente se ven en los periódicos andaluces anuncios como el siguiente, que se ha visto repetido diariamente por espacio de mucho tiempo.

«Una casa inglesa de las más respetables, quisiera hacer un arreglo con otra casa de primer orden de España ó Portugal, para recibir de ella cantidades considerables de fosfatos estremeños, sea en calidad de consignacion ó de otro modo, y puestas franco á bordo en España ó Portugal. La casa inglesa mandaria en cambio azufre para los vinos y otros productos químicos á propósito para los mercados de España ó Portugal. Se harán adelantos sobre todas las consignaciones. Se pueden dar las mejores referencias. Dirigirse á J. J., Case of Mrs. Petsch y Comp. 18 Fenchurch Street, London, E. C.»

ciones expeditas con los centros agrícolas, despues de convertirla en superfosfato será conveniente neutralizarla, siempre que se tengan á mano materias propias para este objeto, como son, cenizas, polvo de hueso, materias orgánicas, etc. (Véase págs. 47 y 59.)

Los franceses han encontrado en estos últimos años una porcion de depósitos de fosfatos fósiles, y una de las personas que más han contribuido á este hallazgo es Mr. Demolon. Este químico, que antes se habia propuesto vulgarizar el uso de los fosfatos contenidos en los despojos de los peces (véase pág. 49), sentó la atrevida hipótesis de que los fosfatos no utilizados por los vegetales debian de haber penetrado en las profundidades del suelo; en donde una de dos, ó debian permanecer al estado líquido, si la corriente de las aguas no los habia arrastrado hácia el mar, ó bien encontrando sustancias alcalinas se habian reconstituido y concretado en forma de nódulos. Demolon practicó repetidas operaciones de escavacion y sonda con el objeto de ver comprobada su teoría; y lo cierto es que, por lo ménos, con sus trabajos *descubrió abundantes depósitos de fosfatos fósiles, cuya importancia sobrepuja á la de la hulla.* (Memoria leida en la Academia de Ciencias de París en 5 de enero de 1857.)

Gracias á este descubrimiento se tiene hoy dia esta materia en París al precio de 6 francos 90 céntimos los 100 kilógramos, que viene á ser próximamente 12 rs. el quintal.

De desear seria que se practicaran en España reconocimientos geológicos para encontrar fósfatos fósiles que pudieran aplicarse directamente á la agricultura. En la actualidad únicamente podrian promoverse estos reconocimientos por medios oficiales, puesto que la mayoría de nuestros labradores probablemente no verán la importancia y la trascendencia de esta cuestion. Cuando los conocimientos científicos adquiridos en las *escuelas agrícolas, que tanta falta hacen en España*, les convencieran de la importancia de los fosfatos fósiles para la agricultura, entonces tal vez los buscarian por su cuenta, y pronto se presentaria esa multitud de buscadores de minas, infatigables, que pululan en ciertas provincias de España, y probablemente no pasaria mucho tiempo sin que se descubrieran criaderos de fosfato fósil.

Estos fosfatos de orígen puramente orgánico, como el *crag* de Suffolk y de Norfolk en las costas orientales de Inglaterra, como el *falun* empleado hace mucho tiempo como abono en la Touraine, como el *tun* de los alrededores de Lille, y como otros depósitos de restos fósiles y coprolitos, no necesitarian tantos gastos de preparacion como los fosfatos puramente minerales (véanse págs. 52 y 53).

En cuanto á la cantidad de fosfato que debe emplearse para abonar una tierra, hay que tener en cuenta, primero: la naturaleza y composicion del suelo; y segundo, la cantidad de fosfato que se llevan las cosechas: con estos datos, y sabiendo además la cantidad real de fosfato contenido en el fosfato fósil que se emplea como abono, será fácil calcular la cantidad de materia que hay que esparcir sobre una superficie dada, para que esta produzca una cosecha abundante. Propongámonos un ejemplo. Supongamos que en una estension de terreno hemos sembrado 1 fanega de trigo, y hemos recogido 20. Si este trigo pesa 90 libras por fanega, podemos suponer que el trigo recogido ha dado 1800 libras de grano y al mismo tiempo 7200 libras de paja. Admitamos que el grano de trigo incinerado deja un resíduo fijo de 6,97 por 100, dejando la paja en iguales circunstancias 2,41 por 100 de un resíduo de igual naturaleza. Si suponemos ahora que se incinera toda la cosecha, obtendremos por un lado 125,46 libras de ceniza procedente del grano, y 173,52 procedente de la paja por otro. Como las cenizas del grano contienen, segun Boussingault, 49,21 por 100 de ácido fosfórico, y las de la paja 4,08, tendremos que las 125,46 libras de cenizas procedentes del grano representan 61,74 libras de ácido fosfórico, y las 173,52 libras de ceniza procedentes de la paja contienen 7,08 del mismo ácido; siendo por consiguiente la cantidad total de ácido fosfórico contenido en la cosecha 68,82 libras. De esta cantidad es preciso deducir 3,08 libras, que es el ácido fosfórico que debemos suponer que existia en la fanega de sembradura; quedando por consiguiente 65,73 libras que representan el ácido fosfórico que se ha extraido de la tierra con una cosecha.

Supongamos ahora, que para devolver á esta tierra todo el ácido fosfórico que se le ha extraido, tenemos á nuestra disposicion un abono

ó un fosfato fósil que contiene un 50 por 100 de fosfato de cal tribásico ($3CaO$, PhO^5) asimilable, que corresponde á un 23 por 100 de ácido fosfórico: una simple proporcion geométrica nos da directamente la cantidad de dicho abono ó fosfato fósil que habrá que emplear, la cuál será de 142,89 libras; advirtiendo, sin embargo, que estando el abono en buenas condiciones, un esceso de fosfato de cal no perjudicará en nada á la cosecha.

Terminaremos nuestro trabajo resumiendo en pocas palabras cuanto llevamos expuesto.

Respecto de la influencia de los fosfatos térreos en la vegetacion.

1.° La influencia de los fosfatos sobre las plantas es hoy un hecho reconocido por la ciencia. Dichas sales son absorbidas al estado de disolucion por las raices del vegetal, siendo indispensables para el completo desarrollo de ciertos órganos.

2.° Los fosfatos térreos que existen en los abonos orgánicos, están en las mejores condiciones para ser asimilados por las plantas. La materia orgánica que los acompaña, facilita su asimilacion.

3.° Muchos fosfatos fósiles, que se encuentran en el reino mineral, pero cuyo orígen es orgánico, pueden usarse directamente como abonos. La asimilacion de estos fosfatos se acelera, sea convirtiéndolos en fosfatos solubles por medio de los ácidos minerales, sea mezclándolos con materias orgánicas.

4.° Los fosfatos térreos de orígen puramente mineral, solo despues de preparados por medio de los ácidos pueden producir efectos notables sobre la vegetacion.

Respecto de la manera de utilizar los fosfatos térreos para la produccion de cereales en la Península.

1.° Es indispensable, ante todo, difundir los conocimientos científicos entre las clases agrícolas para que sepan apreciar debidamente el valor y la necesidad de los abonos. Solo se conseguirá esto con escuelas de agricultura implantadas en los mismos centros productores.

2.° Debe prohibirse á toda costa la exportacion de huesos y otros despojos orgánicos que procedan del suelo español; procurando y facilitando además, la adquisicion de grandes cantidades de guano y otros abonos procedentes de tierras extrañas.

3.° Facilitar y proteger la fabricacion de abonos artificiales y el aprovechamiento de todas las materias y resíduos fosfatados.

4.° En cuanto al aprovechamiento de la fosforita de Logrosan y de otros fosfatos minerales que existan en la Península, solo tendrá lugar cuando, despues de conocida por los labradores la necesidad de aprovecharlos, haya vias de comunicacion expeditas y medios de trasportes baratos, á fin de que puedan trasladarse estas materias á los puntos en donde puedan prepararse convenientemente.

CUARTA PARTE.

Documentos que se citan en la pág. 51.

En la sesion de Córtes del 12 de junio de 1857, el Sr. D. Claudio Moyano, entonces Ministro de Fomento, competentemente autorizado por el Gobierno de S. M., presentó á las Córtes el proyecto de ley que á continuacion copiamos. Segun dicho Ministro, la noticia de la existencia de la fosforita de Logrosan la habia recibido pocos dias antes por conducto del Excmo. Sr. Duque de Valencia, «quien á su vez la habia »recibido del extranjero por persona muy autorizada. Casas respetables »inglesas, dijo, estaban dispuestas á adquirir las minas de Logrosan, »no solo por la aplicacion que allí se hace de sustancias parecidas, como »es la apatita, sino porque estas ricas minas, que han estado por espa»cio de muchos años dando grandes resultados á la agricultura inglesa, »se hallan tocando á su término. Por esta razon y con relacion á dichas »casas inglesas, escribian al Sr. Duque de Valencia, que estaban dis»puestas á dar algunos cientos de millones por estas riquísimas minas; »siendo por consiguiente más que bastante para hacer la fortuna del »particular que se anticipara á hacer las correspondientes denuncias.»

El Ministro de Fomento dispuso que inmediatamente y con la mayor reserva se trasladara una persona activa, inteligente y de toda confianza, nombrando á D. Ramon Torres Muñoz y Luna, catedrático de ampliacion de química en la Universidad central, quien dió cuenta al Gobierno en una estensa y razonada memoria sobre estas, al parecer, riquísimas minas.

En el preámbulo que antecede al proyecto, se consignan las siguientes palabras: «*Experimentos químicos han venido á demostrar última-*

mente la poderosa eficacia del fosfato de cal como abono.....................
de donde ha dimanado el valor concedido al guano, el uso general y frecuente de los huesos.......................y el empeño con que aprovecha Inglaterra su apatita.»

Hablando en seguida del criadero de Logrosan, situado al Este de la provincia de Cáceres, en la Estremadura Baja, á ocho leguas de Trujillo, dice: «Que su explotacion, segun el reconocimiento que acababa de practicarse, no ofrecia grandes dificultades, ni exigia grandes dispendios; añadiendo despues que la apatita de Inglaterra, hoy explotada con avidez, debe satisfacer muy poco tiempo las demandas del cultivo.»

Proyecto de ley.

Art. 1.° Se reservan al Estado las minas de fosforita del partido judicial de Logrosan, y cualesquiera otras que existan del mismo mineral en todo el reino, para que puedan ser explotadas bajo la dependencia y direccion del Ministro de Fomento.

Art. 2.° El Gobierno se atendrá en un todo á las disposiciones de la ley vigente de minería para la posesion, beneficio y aprovechamiento de las minas de fosforita comprendidas en terrenos particulares.

Madrid 11 de junio de 1857.=El Ministro de Fomento, *Claudio Moyano.*

No haremos comentario alguno acerca de las ideas vertidas en este proyecto de ley, así como en el preámbulo y en el discurso del Señor Moyano.

El cuerpo de Ingenieros de minas fue quien en aquel entonces tuvo ocasion de estudiar detenidamente este punto. Los Ingenieros Naranjo y Peñuelas hicieron una espedicion á Logrosan; pero el resultado de sus investigaciones y estudios sobre aquel criadero no vió la luz pública, como tampoco la habia visto la Memoria del Sr. Torres Muñoz y Luna, á pesar de las contínuas escitaciones de la *Revista minera*, periódico redactado por los Ingenieros de minas.

Varios son los artículos que con este motivo se publicaron en dicho

periódico, alguno de los cuales copiamos por el interés que ofrecen, sin hacer comentario alguno acerca de los mismos, puesto que dejamos ya consignadas nuestras ideas en el cuerpo de esta Memoria.

(De la Revista minera, tomo 8.°, pág. 683.)

Sobre la fosforita de Logrosan.

Sin la menor pretension de querer decidir la cuestion de la célebre fosforita de Logrosan, me atrevo á presentar á los lectores de nuestro periódico, la *Revista minera*, la copia literal del artículo dedicado á la descripcion é historia de esta sustancia en mi libro de viajes, ó sea en el cuaderno donde uno acostumbra á depositar lo que observa y lo que aprende de más notable en el curso de sus viajes, y que por lo tanto, solo debe ser considerado como un trabajo preparatorio para desarrollarlo y perfeccionarlo despues en la tranquilidad de su gabinete de estudio habitual.

«Trujillo 26 de junio de 1845.

»Salí de paseo hasta la ermita situada más de 500 varas al Sur de la poblacion para ver una cantera empezada á abrir en el granito, que hace poco se ha observado ser fosforescente. Efectivamente lo es, y á mi parecer, esto proviene de su descomposicion, ó por mejor decir, de la descomposicion del feldespato que deja libre la parte de fosforita. El cómo se verifique esta descomposicion, es lo que yo no sabré explicar; pero lo cierto es que aquel granito no contiene otra cosa que mica, cuarzo y fosforita, notándose muy bien en algunas partes la cristalizacion pseudomórfica del feldespato. Es de notar que el sitio donde se encuentra el granito fosforescente, se halla atravesado por una masa ó especie de filon de granito de grano fino aporfidado, direccion N. S. de la brújula, y que allí inmediato hay un manantial de agua constante que

surte del granito de grano grueso, cuyo fenómeno no podria verificarse si no estuviera descompuesto.

«Probablemente el fenómeno de la fosforita de Logrosan tendrá el mismo origen, es decir, que serán filones ó bancos de feldespato metamorfizados en fosforita, que en otras partes lo es en kaolin, y de este modo se explica muy bien el objeto á que lo pueden aplicar los ingleses que, hace un año, están pidiendo con tanto afan remesas de esta sustancia, y que no se les han podido hasta ahora satisfacer por haberse suscitado litigio sobre la propiedad del terreno. Mi buen amigo el Señor D. Cárlos Pikman hace tres años, cuando andaba por todas partes buscando tierras para su fábrica de loza de Sevilla, tratando de disimular su objeto para evitar competencia, denunció la fosforita de Logrosan como combustible; cuya denuncia abandonó despues, cuando adquirió la propiedad de otras canteras cerca de la costa, y que le hacian el mismo efecto para la fabricacion de su loza. Ahora los ingleses, disimulando su objeto y con el fin de apoderarse de todo el criadero, bien sea obteniendo la propiedad, ó bien haciendo contrata de comprar sus productos exclusivamente, como ya lo han indicado, dicen que quisieran la fosforita para abono de las tierras, como el guano de las costas de Africa y América; y, á pesar de ser esta una gran exageracion al alcance de cualquiera, se la han tragado los del pais y todos los españoles que andan en el negocio, sin darse otra explicacion, ni pedir otra cuenta que decir: ¡El demonio son los ingleses; qué cosas inventan! En resumen, á mi modo de ver no queda duda que la fosforita de Logrosan es en el dia buscada para formar uno de los componentes de la loza fina ó llámese porcelana.

»Es notable la abundancia de aguas con que está surtida la poblacion de Trujillo, á pesar de hallarse edificada, como ya hemos dicho, casi en el punto culminante de la línea divisoria entre el Tajo y el Guadiana, y ser el terreno esclusivamente de granito de grano grueso y de grano fino. Casi en la parte más alta y dentro del recinto de la antigua fortaleza, hay una gran alberca natural de 30 á 40 varas de diámetro, donde nunca falta el agua, por calurosa y seca que sea la estacion; pero no es muy potable, y solo la beben las caballerías y ganados en caso de ne-

cesidad: para beber la gente de la fortaleza, tenian los romanos unos algibes en otra plaza más elevada, y que en el dia están abandonados y medio destruidos. El agua de la alberca debe indudablemente proceder de otros terrenos más elevados, por poco que sea, y debe venir infiltrada por venas de granito descompuesto, pues de otro modo esta roca no es permeable. Tal vez contribuyen á esta infiltracion, y por consiguiente á la descomposicion, las grietas abiertas en el granito de grano grueso por las erupciones del granito fino, ó que baste solo el contacto de ambas rocas para que haya discontinuidad de materia y dar paso á las infiltraciones.=*Joaquin Ezquerra del Bayo.*»

Solo añadiremos al artículo del Sr. Ezquerra, que por la cantidad de óxido férrico que contiene la fosforita de Logrosan, su empleo para la fabricacion de la porcelana fosfática y de los cristales opacos, no puede sustituir al uso de los huesos calcinados, que emplean exclusivamente en dichas fabricaciones.

En Logrosan se encuentra muy á menudo la fosforita acompañada de cuarzo. Donde el mineral se presenta en la superficie, no sostiene planta alguna; pero donde va algo profundo, alimenta la propia vegetacion que los terrenos inmediatos, viéndose olivos, cereales, malvas, amapolas y otras plantas del pais.

Nadie en aquella comarca recuerda que se haya presentado nunca en la fosforita fósil alguno ni incrustacion.

En el tratado de química de Pelouze y Fremy constan las siguientes palabras: «Los Señores Daubeny y Widdrington han encontrado en Logrosan una capa de $2^m,27$ á $5^m,18$ de potencia, intercalada entre capas de esquistos pertenecientes al terreno siluriano ó devoniano, la cual puede seguirse superficialmente en una estension de dos millas: *no se explota.*»

Es de mucho interés un artículo que se publicó en la *Revista minera* á principios de 1858, en el cual se copia en extracto la memoria del Sr. Luna, refutada por el Ingeniero D. Casiano de Prado. «Siete me- »ses hace, dice el citado Ingeniero, que el proyecto de ley sobre las mi- »nas de fosforita fué presentado á las Cortes. La opinion pública lo ha »recibido con las más inequívocas muestras de desaprobacion: ni una sola

»voz se ha levantado en su favor; y aquellos mismos que segun pudiera »creerse se hallaban comprometidos á defenderlo, no se comprometie- »ron á hacerlo por otro medio que el del silencio.»

La refutacion de la Memoria de Luna está reducida á los puntos siguientes:

1.° Que no hay en toda Inglaterra, ni allí se beneficia por consiguiente, ningun filon de apatita; sustancia que, por otra parte, seria de una preparacion sumamente costosa para que pudiera tener el empleo de que habla Luna en su memoria.

2.° Que semejante mineral no puede equipararse para el caso con los huesos, en los cuales el fosfato de cal se halla en tal estado, que las plantas pueden asimilárselo fácilmente; ni aun con el fosfato de cal que se halla en Surrey (*no formando filones*), y que nadie cree sea de procedencia puramente mineral.

3.° Que las pruebas que en Inglaterra se hicieron con la fosforita de Logrosan, no dieron los resultados que se esperaban.

4.° Que los ingleses no se guiaron en sus adelantos agrícolas por Liebig.

5.° Que el fosfato no obra con toda eficacia como abono sino cuando se le une convenientemente con materias que tengan nitrógeno: hecho introducido en la ciencia por Payen y Boussingault.

Segun el mismo Prado, el naturalista de Oxford, Mr. Daubeny y otros hicieron un viaje para reconocer la fosforita, y compraron 500 quintales, á 80 rs. el quintal, á D. Antonio Perez Aloe, de Cadiz; no haciendo más pedidos porque los trasportes eran caros.

En la Memoria del Sr. Luna se fija la estension del criadero en cuatro leguas de longitud, estableciéndose varios cálculos acerca del coste y riqueza de dicha sustancia. En el análisis que practicó de la misma, encontró, segun dice, indicios de amoniaco y tan solo indicios de fluor. Luna atribuye la formacion de la fosforita á restos de millares de generaciones de séres organizados, con cuya teoría no está muy conforme Don Casiano de Prado; así como tampoco lo está con la que indica el Ingeniero Ezquerra en el artículo citado anteriormente.

Finalmente, en la *Revista minera* de marzo del mismo año se lee el

siguiente suelto: «En la sesion de 1.° de marzo de 1858 se anunció »en el Congreso, que se devolveria al Gobierno, á peticion del Sr. Mi- »nistro de Fomento, el proyecto de ley sobre la fosforita de Logrosan. »Tenemos entendido que á la par de esta resolucion, que aplaudimos, »se ha levantado el interdicto que pesaba sobre la industria particular, »paralizando el curso de algunos espedientes relativos á aquella sustancia »mineral, é impidiendo toda clase de registros y trabajos de minas en »una estension considerable á partir de Logrosan.»

Así terminó este episodio de la historia del célebre criadero de Logrosan.

Análisis y ensayos citados en las páginas 56, 59 y 60.

Determinacion de la cantidad de ácido fosfórico contenido en un fosfato de cal fósil.—Despues de haber triturado y pasado por un tamiz una cantidad algo considerable de materia, se revuelve bien á fin de obtener un conjunto homogéneo, y se toman pequeñas porciones de la masa total, las cuales se porfirizan en un mortero de ágata, pesando despues 2 gramos de materia. Puesta esta en un pequeño matraz, se ataca con ácido nítrico puro un poco diluido, que disuelve los fosfatos; se hace hervir, y despues se diluye con agua destilada y se filtra; se lava el resíduo que quedó sobre el filtro, y se reunen las aguas de locion con el líquido que filtró primero. El líquido total se evapora hasta sequedad, y vierte sobre el resíduo alcohol acidulado con algunas gotas de ácido nítrico. Se filtra otra vez para separar la sílice y el sulfato de cal que contenga, y sobre el líquido claro se vierte un ligero esceso de disolucion de acetato de plomo, cuya sal produce un precipitado de fosfato de la propia base; recogido este precipitado sobre un filtro, lavado, seco y calcinado, incinerando al propio tiempo el filtro segun las buenas reglas del laboratorio, se pesa: un 39 por 100 del peso obtenido, representará el ácido fosfórico contenido en 2 gramos de materia (Malagutti). 72 partes en peso de ácido fosfórico corresponden á 156 de fosfato de cal tribásico, $3CaO, PhO^5$.

El mismo método puede servir para encontrar la cantidad de ácido fosfórico contenido en cualquier otro fosfato mineral, así como tambien en las tierras de labor, en las cenizas, en los huesos calcinados y en los superfosfatos y nitrofosfatos.

Conviene saber distinguir en estos dos últimos la cantidad de ácido fosfórico que contienen al estado soluble, y la que existe todavía al estado de fosfato de cal tribásico insoluble. El agua caliente basta para separar las materias solubles de las insolubles: estas últimas, despues de bien lavadas, pueden sujetarse al procedimiento general arriba mencionado, para reconocer la cantidad de los fosfatos insolubles que contienen. En cuanto al líquido, antes de sujetarlo por separado á dicho procedimiento, es indispensable evaporarlo á sequedad.

Prescindiremos de la exposicion de otros muchos medios analíticos, que para estos y otros muchos casos más ó ménos análogos, se encuentran descritos en todas las obras de análisis química, á las cuales nos remitimos, y únicamente diremos, que siempre que se tenga una disolucion de fosfatos en el ácido clorhídrico, en la cual no exista una cantidad considerable de materia aluminosa, procedente tal vez de las arcillas, un esceso de amoniaco producirá en dicha disolucion un precipitado que contendrá los fosfatos de cal, magnesia y hierro, que se encontraban en el líquido. Este método puede emplearse para el *ensayo de la fosforita, de los huesos calcinados, y de otras materias fosfatadas análogas;* dando la cantidad total de fosfato contenido en las mismas, y por consiguiente una indicacion para apreciar de un modo aproximado la riqueza de dichas sustancias consideradas como abono fosfatado.

Cuando se quiere averiguar *si un superfosfato contiene ácido sulfúrico libre*, se toma una cantidad determinada del mismo y se lava con alcohol, precipitando despues la disolucion alcohólica filtrada por medio del cloruro de bario. El precipitado que se forma, se disolverá por completo en el ácido nítrico, en el caso de que esté formado únicamente de fosfato de barita; dejando un resíduo insoluble, en el caso de que el líquido tuviese ácido sulfúrico. Recogido este resíduo de sulfato de barita, lavado, seco y calcinado, obtendremos la cantidad de ácido sulfúrico multiplicando su peso por 0,3433.

Tratándose de los huesos crudos ó carbonizados, así como tambien de los abonos que contienen materias orgánicas, antes de sujetarlos al ensayo para determinar la cantidad de fosfatos que contienen, es preciso empezar por incinerar completamente un peso dado de materia. Igual procedimiento se seguirá *para las plantas verdes ó secas*. La disolucion nítrica ó clorhídrica de las cenizas, da por medio del amoniaco un precipitado compuesto de todos los fosfatos de cal, magnesia ó hierro que contenia la materia primitiva.

Determinacion de las sustancias nitrogenadas.—El análisis cuantitativo, para determinar la cantidad de materia azoada existente en un abono, puede hacerse con exactitud por cualquiera de los métodos descritos en todas las obras de química analítica; ya sea descomponiendo la materia por medio del óxido de cobre, y midiendo el volúmen de azoe ó resíduo gaseoso obtenido, despues de absorber el ácido carbónico por medio de la potasa cáustica; ya produciendo la descomposicion de la materia por medio de la cal sodada y recibiendo el amoniaco producido en un líquido ácido, de ley conocida, y averiguando despues por medio de un análisis acidimétrico con un líquido normal alcalino la cantidad de ácido que queda libre en dicho líquido, y por consiguiente la cantidad de amoniaco que ha neutralizado una parte de ácido.

Aunque es verdad que *las materias orgánicas* se destruyen *por la accion del calor*, la pérdida de peso que una sustancia experimenta por este medio, no puede indicar más que aproximadamente la cantidad de materia orgánica contenida en la misma, pues el calor hace desprender al mismo tiempo el agua, el ácido carbónico y otras materias volátiles.

La existencia del *humus* en una tierra se reconoce por el color pardo que comunica á una lejía alcalina, en la cual haya estado durante algun tiempo en maceracion.

Los abonos que contienen materias animales, cuando se calientan en contacto con la cal ó la potasa, ó mejor una mezcla de las dos, dejan desprender una cantidad de amoniaco bien distintamente perceptible al olfato. Si la cantidad de amoniaco que se desprende es muy pequeña, se reconocerá por medio de un papel de tornasol rojo y humedecido, ó con una varilla de vidrio mojada en ácido clorhídrico. En el primer caso,

el papel rojo se pone azul; en el segundo, la varilla de vidrio aparece rodeada de vapores blancos producidos por la sal amoniaco que toma orígen. Finalmente, *para descubrir cantidades muy pequeñas de azoe*, el método más delicado es seguramente el de Lassaigne. Consiste este en mezclar en un tubo de ensayo una pequeñísima porcion de la materia, en la cual se trata de descubrir el azoe, con una porcion próximamente igual de potasio metálico. Se calienta todo fuertemente en una lámpara de alcohol, dejándolo enfriar pasada la reaccion; se disuelve el resíduo en un poco de agua, y despues de un rato se filtra. En el líquido incoloro obtenido existirá un cianuro de potasio, en el caso de que la materia sujetada al ensayo contuviera azoe: dicho líquido en contacto con una sal ferroso-férrica, y saturado con ácido clorhídrico, dará un precipitado de azul de Prusia; no produciéndose este, en el caso en que la materia primitiva no fuera azoada.

Ensayos comparativos de varios abonos citados, en la página 61.

Hemos practicado dos séries de ensayos comparativos, empleando como abono la fosforita de Logrosan, y el superfosfato y nitrofosfato obtenidos con la misma, ya tomando dichas materias solas, ya mezcladas con abonos nitrogenados.

Los primeros ensayos practicados en el año de 1861, se hicieron en un suelo de tierra muy suelta, poco arcillosa, y que hacia probablemente 30 años que no habia recibido abono ni cultivo de ninguna especie. La tierra se limpió de yerbajos y piedras, y se removió disponiéndola luego en eras de unos 6 pies cuadrados. El dia 30 de marzo se sembraron de trigo, del llamado en Andalucía *tremé*, echando en cada era una onza de simiente: se cubrió de tierra con la mano y se regó; operacion que se repitió seis veces durante los tres meses que tardó el trigo en llegar á su completa madurez. La preparacion ó abono que recibió cada una de dichas eras antes de sembrar el trigo, fué la siguiente:

Era núm. 1: 1.000 gramos de fosforita en polvo.

Era núm. 2: sin abono.

Era núm. 3: 1.000 gramos de hueso crudo en polvo.

Era núm. 4: estiercol de cuadra.

Era núm. 5: superfosfato procedente de 1.000 gramos de fosforita.

Casi todos los tallos espigaron con poca diferencia á un mismo tiempo, y á los tres meses cabales desde su siembra se segaron.

El resultado en grano procediendo de más á menos fué segun el órden siguiente:

Números 5, 3, 4, 1, 2.

El resultado en paja segun el siguiente:

Números 3, 5, 4, 2, 1.

Estos resultados, á pesar de lo tosco del ensayo, manifiestan prácticamente, que si bien la fosforita no tiene influencia sensible sobre los cereales, la tiene en gran manera cuando se ha convertido en fosfato soluble próximamente por medio de un ácido enérgico. Además, se observa en el resultado de estos ensayos, que la influencia del superfosfato es más ventajosa á la cantidad de grano que á la de la paja.

En noviembre del mismo año de 1861 emprendimos otra série de ensayos practicados con más precauciones. En 6 macetas distintas con un suelo artificial de arena pura muy fina, se sembraron en cada una de ellas 9 granos de trigo *semental* escogido. El suelo se mantenia constantemente humedecido con agua destilada contenida en un vaso que podia bañar el tercio inferior de cada maceta.

La preparacion que recibió el suelo contenido en dichas macetas, fue la siguiente.

Núm. 1: arena pura.

Núm. 2: 40 gramos de fosforita en polvo.

Núm. 3: 40 gramos de hueso crudo en polvo.

Núm. 4: 40 gramos de superfosfato de cal seco y pulverizado obtenido con la fosforita.

Núm. 5: 20 gramos del mismo superfosfato y 20 de una mezcla de carne y sangre desecadas.

Núm. 6 : 40 gramos de nitrofosfato seco y pulverizado, obtenido con la fosforita.

El órden segun el cual salieron las plantas, fué el siguiente:

Números 1, 2, 6, 4, 3, 5.

El aspecto que presentaban las plantas á fines de marzo de este año, es el siguiente :

Núm. 1: cada grano ha echado un tallo de regular altura. Su color es rojizo, las hojas de un verde no muy intenso. A medida que van echando hojas nuevas, las más inmediatas al suelo se van secando.

Núm. 2 : casi en el mismo estado que el número 1. Las hojas inmediatas al suelo se secan ménos prontamente que en el núm. 1.

Núm. 3: el tallo se eleva algo ménos que en los números anteriores, pero presenta un color verde; algunas plantas han *ahijado* presentando dos tallos: las hojas inmediatas al suelo no se secan fácilmente.

Núm. 4: comparado con el anterior se observa en este alguna ventaja bajo todos conceptos, escepto en la altura de los tallos, que es algo menor.

Núm. 5: su aspecto y su estado de desarrollo es inferior al número 3, si bien presenta mucha analogía con él.

Núm. 6: tallos muy altos de un color intenso, de una frondosidad y lozanía admirables. Todas las plantas sin escepcion han *ahijado*, habiendo algunas echado hasta 3 tallos.

Nada podemos decir del resultado definitivo de este ensayo : tanto este como el anterior, no pueden suministrar más que resultados comparativos; y de ellos á los exactísimos procedimientos empleados por Boussingault y Ville, media una distancia infinitamente grande. Sin embargo, no dejan de verse comprobadas hasta cierto punto las ideas emitidas en esta Memoria respecto de la influencia de los fosfatos térreos en la vegetacion, especialmente en la produccion de cereales.

FIN.